

UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE

DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA



TESIS DOCTORAL

EFFECTOS DE DIFERENTES ESTÍMULOS DE ENTRENAMIENTO SOBRE VARIABLES DETERMINANTES EN EL RENDIMIENTO EN JUGADORES DE ÉLITE JÓVENES DE WATERPOLO

DIRECTOR DE LA TESIS:

- DR. D. EDUARDO SAÉZ DE VILLARREAL SAÉZ

DOCTORANDO:

- D. MANUEL SANTIAGO MARTÍN

UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE

DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

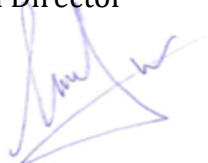
TESIS DOCTORAL

EFFECTS OF DIFFERENT STIMULI OF TRAINING ON VARIABLES
DETERMINANTS IN THE PERFORMANCE IN ELITE YOUNG PLAYERS OF
WATERPOLO

Tesis Doctoral presentada por: Manuel Santiago Martín

Dirigida por: Eduardo Sáez de Villarreal Sáez
Sevilla, 2020

El Director

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Eduardo Sáez de Villarreal Sáez', written over a faint grid background.

El Doctorando

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Manuel Santiago Martín', written over a faint grid background.

EFFECTOS DE DIFERENTES ESTÍMULOS DE ENTRENAMIENTO SOBRE VARIABLES
DETERMINANTES EN EL RENDIMIENTO EN JUGADORES DE ÉLITE JÓVENES DE
WATERPOLO

Manuel Santiago Martín

Departamento de Deporte e Informática
Universidad Pablo de Olavide
Sevilla, España.

Agradecimientos

DEDICATORIAS

“Nada en este mundo puede reemplazar la persistencia. El talento no puedo hacerlo: nada es más común que hombres fracasados con talento. El genio no puedo hacerlo: un genio sin recompensa es casi un proverbio. La educación no puede hacerlo: el mundo está lleno de indigentes educados. Solo la persistencia y la determinación son omnipotentes.” (Calvin Coolidge).

La constancia, esta palabra me ha acompañado desde pequeño a lo largo del tiempo en mis diferentes etapas de la vida, y a día de hoy debo decir, que es una verdad “casi” absoluta.

Con ella, he alcanzado metas con las que en un momento solo pude soñar, y una vez comprobada su eficacia, añado otro dicho más: “Apunta a la luna, porque aun fallando, nadarás entre las estrellas”. Soñar sin límite, y constancia.

Pero este pensamiento y sus diversas consecuencias, no hubieran sido posible sin la ayuda de muchas personas a lo largo de mi vida. Unas, desde mi nacimiento hasta el día de hoy, mis padres y hermana, que conforman uno de mis pilares principales en los que me apoyo para crear esta proyección de mí.

Siguiendo el camino, encontrar a una persona que te completa, que te apoya, que te realiza como tal. No tengo capacidad literaria para expresar un sentimiento hacia ella, si, mi mujer. Que fruto de ello se dio un par de seres indescriptibles, plena felicidad. Segundo pilar fundamental en mi vida.

Antes, durante, y seguro que después de este momento, elegí, encontré, cuido y haré lo que se denomina la “ familia elegida”. También muy afortunado en esta faceta. Personas de la infancia, con las que en el día a día seguimos disfrutando. Personas que encuentras por el camino y que gracias a ellas te cambia el devenir de tu existencia. Personas maravillosas, únicas y genuinas que hacen un círculo perfecto en tu forma de ser. Otro pilar indispensable.

ÍNDICE

RESUMEN	11
CAPÍTULO I:	13
MARCO TEÓRICO	13
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	14
1.1 Marco Teórico: Aproximación al problema general de Estudio.....	14
1.2 Objetivos generales	18
1.3. Estado actual del conocimiento sobre la problemática planteada	19
1.3.1 Concepto de fuerza	19
1.3.2 Fuerza en el waterpolo.....	25
1.3.3 Variables fisiológicas del rendimiento en waterpolo.....	29
1.3.4. Velocidad de lanzamiento.....	34
1.3.5. Tiempo de nado	39
1.3.6. Pliometría y salto vertical en seco.....	43
1.3.7. Salto vertical en agua.....	51
1.4 Relación entre las evaluaciones de fuerza/potencia en seco con el rendimiento en natación	53
1.5 Efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento en natación.....	58
1.6 Trabajo isoinercial y jóvenes.....	61
CAPÍTULO II:	63
PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	63
CAPITULO 2: PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	64
2.1 Formulación del problema:.....	64
2.2 Problemas.....	64
2.3 Objetivo General	67
2.4 Hipótesis	69
2.4.1 Hipótesis:.....	70
CAPÍTULO III:	72
METODOLOGÍA	72
CAPITULO 3: METODOLOGÍA	73
3.1 Diseño experimental y aproximación del problema.....	73
3.2 Sujetos experimentales.....	78
3.3 Protocolo experimental	79
3.4 Variables objeto de estudio.....	80
Variables independientes	80
Variables dependientes.....	81
3.5 Control de variables extrañas	81
MEDICIONES.....	81
3.6 Antropometría.....	81
3.6.1 Test salto vertical en agua.....	81
3.6.2 Test de salto vertical CMJ sin carga.....	83
3.6.3 Test tiempo de nado en 20 metros.....	83
3.6.4 Test de fuerza en tren inferior (Sentadilla completa (1RM)	84
3.6.5 Test de press banca. Fuerza dinámica máxima (1RM)	85
3.6.6. Test de velocidad de lanzamiento	86
3.6.7 Test de agilidad 10 metros	87
3.7 Procedimiento	88

3.8 Tratamiento	89
3.9 Análisis estadístico	95
CAPÍTULO IV:.....	96
RESULTADOS	96
CAPITULO 4: RESULTADOS	97
4.1 RESULTADOS	97
CAPÍTULO V:.....	101
DISCUSIÓN	101
CAPITULO 5: DISCUSIÓN	102
5.1 Discusión.....	102
CAPÍTULO VI:.....	108
CONCLUSIONES	108
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	109
6.1 Conclusiones.....	109
CAPÍTULO VII:.....	110
LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	110
7.1 Limitaciones del estudio.....	111
7.2 Futuras líneas de investigación	111
CAPÍTULO VIII:.....	112
BIBLIOGRAFÍA	112
CAPITULO 8: BIBLIOGRAFIA.....	113
8.1 Referencias.....	113
ANEXO1.	143
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	143
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reglas del waterpolo y características del juego.....	30
Tabla 2. <i>Tabla resumen de las mediciones y ejercicios utilizados en la investigación.</i>	74
Tabla 3. <i>Tabla resumen datos antropométricos y años de experiencia de los sujetos.</i>	79
Tabla 4. <i>Tratamiento individualizado en el grupo en seco</i>	90
Tabla 5. <i>Tratamiento individualizado en el grupo combinado de agua y seco.</i>	91
Tabla 6. <i>Tratamiento individualizado en el grupo de agua.</i>	92
Tabla 7. <i>Tratamiento individualizado en el grupo pliométrico.....</i>	93
Tabla 8. <i>Tratamiento individualizado en el grupo excéntrico.</i>	94
Tabla 9. <i>Cambios del pre-entrenamiento al post-entrenamiento en los parámetros seleccionados para cada grupo</i>	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Magnitudes del terreno de juego en el waterpolo</i>	16
Figura 2. <i>Expresiones de la fuerza en el waterpolo según la acción que se realice</i>	29
Figura 3. <i>Medición de salto en agua</i>	82
Figura 4. <i>Ejecución del ejercicio de sentadilla</i>	85
Figura 5. <i>Ejecución del ejercicio de press de banca</i>	86
Figura 6. <i>Ejecución del lanzamiento a portería</i>	87
Figura 7. <i>Ejecución del test de agilidad</i>	88

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANOVA

Análisis de la varianza, 36

CI

Intervalo de confianza, 101

CCI

Coeficiente de correlación intraclase, 101

CE

Carácter del esfuerzo, 23

CMJ

Salto con contramovimiento, 41

ES

Tamaño de efecto medio ponderado, 21

FI

Índice de fatiga, 40

FINA

Federación internacional de natación, 14

IMC

Índice de masa corporal, 31

JJOO

Juegos Olímpicos, 13

K+

Potasio, 32

kg x se x rep

kilogramos por series (set) por repeticiones, 22

m.

metros, 39

MAD

Sistema para medir la resistencia activa de un nadador, 39

MP

Potencia media, 40

MPV

Velocidad de propulsión media

N

Newtons, 39

Na+

Sodio, 32

PEC

Componente elastico paralelo, 48

POP

Empuje fijo de expulsión, 39

PP

Potencia pico, 40

r =

Cociente de correlación de Pearson, 39

RM

Test que mide el valor de masa o resistencia (kg), cuya magnitud permite sólo un desplazamiento completo al realizar un ejercicio específico, 22

RSA

Es la capacidad para realizar repetidos episodios de trabajo de alta intensidad con períodos de recuperación cortos o incompletos entre esfuerzos sucesivos, 29

RSE

Ejercicios de esprines repetidos, 32

seg

Segundos, 32

SEC

Componente elastico en serie

SSC

Ciclo estiramiento acortamiento,48

TE

Tamaño del efecto,101

VO₂ máx

Volúmen máximo de oxígeno, 30

VO₂peak

Volúmen de oxigeno pico, 32

W

Watios, 39

WAAT

Wingate Anaerobic Arm Test, 40

WP

Waterpolo, 27

RESUMEN

El papel del entrenamiento de fuerza, integrado dentro de la planificación del entrenamiento, tiene actualmente un papel fundamental. Existe abundante bibliografía que muestra la mejora del rendimiento debido al entrenamiento de la fuerza en adultos, siendo más escasa en jóvenes deportistas bien entrenados.

El objetivo principal de este estudio fue determinar si jugadores jóvenes élite de waterpolo masculino podrían mejorar variables determinantes del rendimiento como la velocidad de lanzamiento, velocidad de nado, la capacidad de salto y la fuerza muscular en el tren superior e inferior a través de cinco diferentes metodologías de entrenamiento de la fuerza. Las cinco metodologías de entrenamiento de fuerza utilizadas fueron: trabajo de fuerza en seco, trabajo de fuerza en agua, trabajo de fuerza combinando seco y agua, trabajo pliométrico y trabajo de fuerza excéntrica con sistemas isoinerciales.

El hallazgo más importante en nuestra investigación es que nuestros resultados corroboran nuestras hipótesis, ya que las diferentes metodologías de entrenamiento de la fuerza utilizadas en los tratamientos hacen mejorar de manera significativa las variables de rendimiento estudiadas. Concretamente después de 18 semanas de entrenamiento de fuerza (con un total de 36 sesiones (2 sesiones/semanales) realizadas) con diferentes metodologías se lograron mejoras del 13 al 41% en fuerza del tren superior (press banca), del 6 al 25% en fuerza del tren inferior (sentadilla completa), del 2 al 9% en CMJ, del 3 al 6% en salto vertical en agua, del 3 al 7% en agilidad en agua, del 1 al 6% en velocidad de nado en 20 m y del 9 al 24% en velocidad de lanzamiento.

Nuestros resultados ponen de manifiesto que un programa de entrenamiento excéntrico con sistemas isoinerciales de 18 semanas de duración se traduce en una mayor mejora en el rendimiento de la fuerza máxima (press banca y sentadilla completa) que otros métodos de entrenamiento analizados en este estudio. Además, un programa de entrenamiento excéntrico parece producir un estímulo más potente ya que este entrenamiento resulta ser más beneficioso en los diversos parámetros de rendimiento en waterpolo (salto vertical en agua y velocidad de lanzamiento) en comparación con los otros métodos de entrenamiento estudiados.

ABSTRACT

The role of strength training, integrated in the training plan, currently plays a fundamental role y there is no doubt nowadays. There is compelling evidence for the role of strength improving performance in adults, although literature in young athletes is scarce.

The main goal of this study was to determine if young elite male Waterpolo players could improve performance variables such as throwing speed, swimming speed, the ability to rise above the water surface y upper y lower body muscular strength, through 5 different strength training methodologies.

The main finding in our investigation is that our results confirm our hypothesis, different strength training methodologies improve performance variables studied. Specifically, after 18 weeks of strength training with different methodologies improvements were achieved, upper body strength (Bench press) by 13 to 41%, lower body strength (full back squat) by 6 to 25%, CMJ by 2 to 9%, by 3 to 6% y vertical jump in the water, by 3 to 7% water agility, 20m swimming speed by 1 to 6% y throwing speed by 9 to 24%.

Our results show that an eccentric training work carried out with inertial means lasting 18 weeks will improve maximal strength (Bench press y full back squat) better than other training methodologies analyzed in this study. Moreover, an eccentric training work seems to be more powerful stimulus because it turns out to improve different performance parameters in Waterpolo (throwing speed y vertical jump in the water) compared to others training methodologies studied.

CAPÍTULO I:

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Marco Teórico: Aproximación al problema general de Estudio

El waterpolo apareció en el Reino Unido en el siglo XIX, aunque no está totalmente claro si fue en Glasgow en 1869 (Lewin, 1983) o en Inglaterra entre los años 1869 y 1870 (Lloret-Riera, 1998).

Desde entonces y hasta la actualidad el waterpolo ha evolucionado y se ha extendido su práctica a lo largo y ancho del mundo, partiendo de un origen lúdico, hasta el máximo exponente de alto rendimiento en el deporte como son las olimpiadas (Presentes desde París 1900 hasta la actualidad, contando con la modalidad femenina desde los JJOO de Sídney 2000).

Actualmente, cada equipo cuenta con un máximo de trece jugadores, siendo dos de estos porteros, y el resto jugadores de campo. Los partidos se disputan con siete jugadores en el terreno de juego, de los que uno es el portero, cuyo reserva sólo podrá jugar con rol de portero, mientras que el resto de jugadores lo harán en el rol de jugador de campo.

La duración del juego es de cuatro periodos de ocho minutos de juego real. Hay un intervalo de dos minutos entre el primero y el segundo periodo, de cinco minutos entre el segundo y el tercero, y nuevamente de dos minutos entre el tercero y el cuarto. De esta manera, la duración aproximada de un partido de alto nivel es de 60 minutos, teniendo en cuenta las pausas e interrupciones propias de un juego que, al igual que otros deportes como el baloncesto, se disputa y computa en tiempo real de práctica (Hohmann y Frase, 1992; Smith, 1998). Si al finalizar el partido, es necesario que haya un ganador, se procederá a lanzamientos de penalti para determinar el resultado (FINA, 2017).

El juego es de naturaleza intermitente, requiriendo una variedad de diferentes ráfagas intensas de actividad, cada una durando menos de quince segundos. Las actividades de alta intensidad son intercaladas por otras de menor intensidad, duración similar, y por ocasionales periodos más largos de recuperación, como los intervalos entre los cuartos de juego (Hohmann y Frase, 1992; Smith, 1998; Spittler y Keling, 2016).

En cuanto a los diferentes movimientos que realizan los jugadores, hay muy pocos momentos de pausa o inactividad física o táctica durante el tiempo real de juego, por lo que, debido a la exigencia física propia del deporte, los jugadores de campo son cambiados de forma habitual durante el partido.

A nivel posicional, más allá de la distinción entre porteros y jugadores de campo, podemos destacar los distintos roles o posiciones existentes dentro de el segundo grupo: boyas, centrales, laterales y extremos.

La organización espacial del terreno y el entorno de juego en el waterpolo viene determinada a través de la Figura 1. Precizando las magnitudes más importantes reflejadas en la misma, es necesario destacar que la distancia entre las líneas de meta debe estar comprendida entre los 20 y 30 metros en categoría masculina y entre 20 y 25 metros en la categoría femenina. Del mismo modo, el ancho del terreno de juego ha de estar comprendido entre los 10 y los 20 metros. Existirá un margen de 0,3 metros tras la línea de gol.

En relación al arbitraje, hay que destacar que en el waterpolo el número de árbitros o jueces puede variar en función del nivel y categoría en la que se disputen los partidos. A nivel nacional, habrá un árbitro en cada lateral de la piscina, a los que se añaden un juez de gol para cada lado del terreno en los encuentros internacionales.

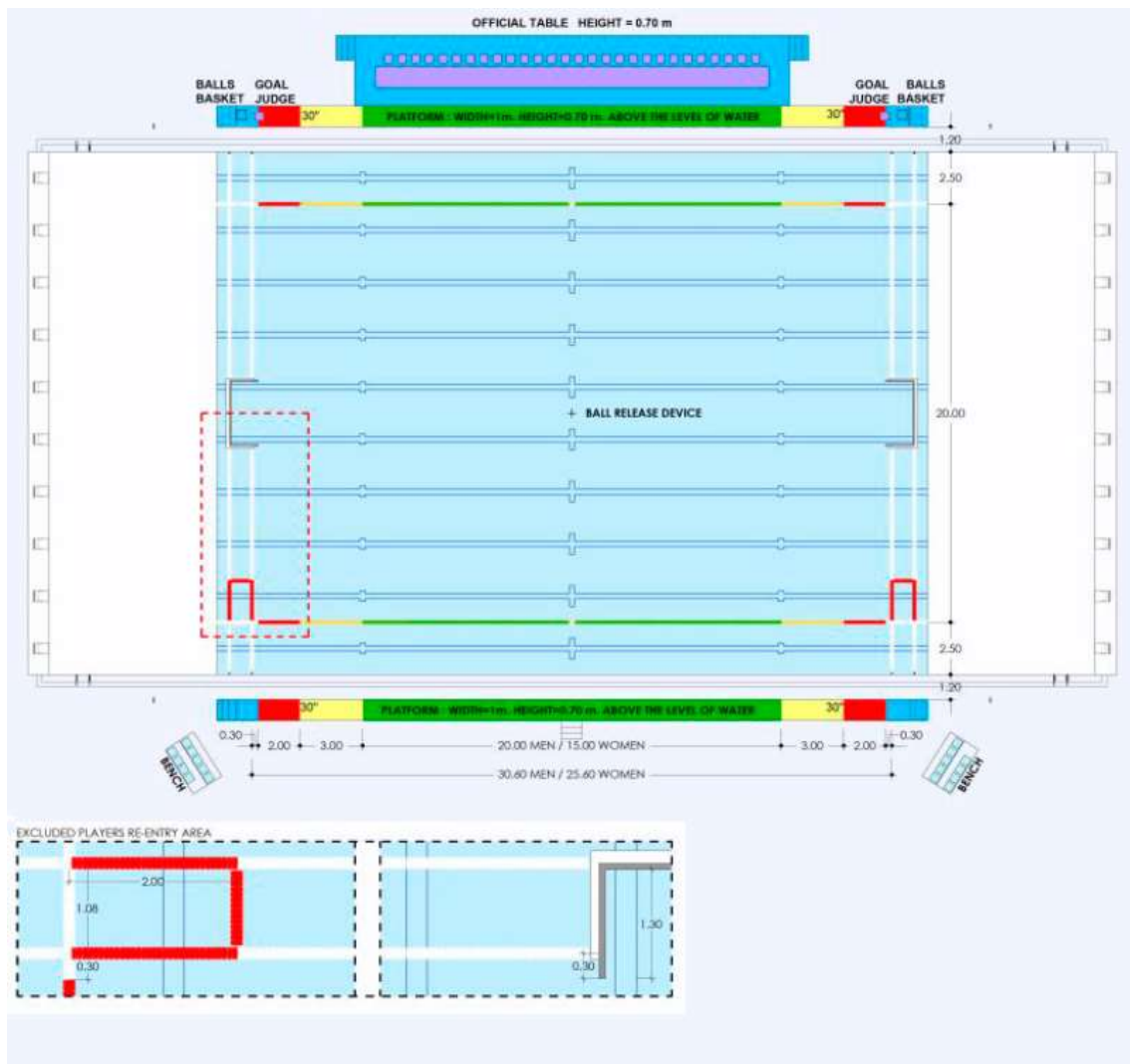


Figura 1. Magnitudes del terreno de juego en el waterpolo (Adaptado de la FINA)

Aunque cada vez hay más bibliografía científica sobre aspectos técnicos y tácticos en waterpolo, son aún escasos los estudios e investigaciones referentes a este deporte.

Las características antropométricas de los jugadores fueron objetos de estudios en las primeras investigaciones (Hebbelinck *et al.*, 1975) sobre los aspectos de arrastre y propulsión durante las actividades de waterpolo (Clarys, 1979) y la biomecánica de la patada, el crol, y las técnicas generales del lanzamiento (Davis y Blanksby, 1977; Clarys, 1983).

También se han estudiado y evaluado tanto las características fisiológicas de los jugadores como del propio deporte, incluyendo sus entrenamientos (Pinnington y

Blanksby, 1986; Sardella *et al.*, 1990; Hohmann y Frase, 1992; Hollander *et al.*, 1994).

La nueva orientación metodológica propone hacer el análisis al revés, de abajo-arriba (bottom-up). Es decir, teniendo en cuenta a las y los deportistas de élite que han destacado en su rendimiento, analizar su proceso de formación, para poder encontrar aquellas variables críticas que establecen las diferencias entre los distintos deportistas. Este nuevo análisis se puede hacer, a su vez, desde dos perspectivas: bien analizando la formación de deportistas ya formados, o bien, comparando deportistas de distinto nivel de rendimiento, pero de la misma edad. La evolución de la pericia del deportista no está tan condicionada por las características genéticas, sino fundamentalmente por la influencia de una práctica intencionada durante años (Calleja y Lorenzo, 2010).

En la actualidad, la formación integral en el entrenamiento deportivo es clave para un óptimo desarrollo deportivo y personal (Smoll y Smith, 1996). Será por tanto objeto de estudio, tareas que propongan demandas en las cualidades físicas condicionales y motrices, sin obviar el dominio de los patrones fundamentales, como manejo técnico básico del balón (Oliveira y Guedes, 1997).

- Las cualidades motrices tales como la coordinación, la agilidad y el equilibrio son trabajadas a través de las tareas como el salto, los giros, las cuadrupedias, etc., es decir, las habilidades motrices básicas.
- Las cualidades físicas condicionales, como pueden ser la velocidad, la resistencia, la flexibilidad o la fuerza, son en la actualidad cualidades que se suelen trabajar de forma integrada, es decir, implícita en la propia tarea. Aunque se puede empezar o buscar alternativas por diferentes motivos y trabajarla de manera analítica.

El papel del entrenamiento de fuerza, integrado dentro de la planificación del entrenamiento, tiene actualmente un papel fundamental y no hay ninguna duda a día de hoy. Todos sabemos sus grandes beneficios y lo que influye de forma

positiva en la mejora de las demás cualidades, y por consiguiente un mayor rendimiento en sus deportistas (Guy y Micheli, 2001).

En la actualidad hay mucha referencia en la literatura en la mejora del rendimiento debido a un buen entrenamiento de la fuerza en adultos, aunque hay algo menos en jóvenes deportistas bien entrenados (McInnes *et al.*, 1995; Cronin y Sleivert, 2005; Stølen *et al.*, 2005; Comfort *et al.*, 2014; Kobal *et al.*, 2017).

Jóvenes atletas y no atletas por igual pueden mejorar su fortaleza y salud de forma exitosa y segura participando en un programa bien supervisado. Los profesionales del entrenamiento desempeñan un papel esencial en asegurar la técnica apropiada, la forma, la progresión de ejercicios, y la seguridad en este grupo de edad (Dahab y McCambridge, 2009).

Entendemos que una buena planificación del entrenamiento de fuerza es beneficiosa, tanto a nivel estructural, es decir, una progresión desde etapas formativas hasta la élite, como en la propia temporada, aportando el estímulo adecuado para crear adaptaciones beneficiosas a los practicantes en cuestión, los waterpolistas.

1.2 Objetivos generales

La problemática objeto de estudio nos plantea el siguiente objetivo general:

Evaluar los efectos sobre la capacidad de salto, la fuerza máxima, la velocidad de lanzamiento y la velocidad de nado de diferentes modelos de entrenamiento específicos de fuerza en el tren inferior y superior (pliométrico, en agua, en seco, combinado y excéntrico) durante 18 semanas en jugadores jóvenes de waterpolo masculino.

1.3. Estado actual del conocimiento sobre la problemática planteada.

1.3.1 Concepto de fuerza

Hoy día no hay deporte individual o equipo profesional que no tenga dentro de su planificación la mejora de la fuerza con el objetivo de la mejora del rendimiento.

La mejora de esta cualidad es muy importante en todas las disciplinas deportivas y un factor determinante del rendimiento en la mayoría de ellas.

Puesto que la mejora del rendimiento del atleta es una de las claves del éxito, es normal que cada vez haya más investigaciones científicas para buscar la excelencia en el tratamiento, técnicas y diversos factores para optimizar la preparación del deportista.

González-Badillo y Gorostiaga (2002) consideran que una de las grandes mejoras del deporte de alto rendimiento ha venido por consecuencia de la mejora en el entrenamiento de fuerza, especialmente en modalidades de moderada o corta duración.

El atleta se ve cada vez más en la obligación de ser capaz de aplicar más fuerza en el menor tiempo posible, sea en actividades como el salto, el lanzamiento, el nado o en otras muchas actividades deportivas. Esta aplicación de fuerza en el menor tiempo posible es la causante de la mejora de la relación fuerza-tiempo o producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva), así como la potencia desarrollada en cualquier acción deportiva. Este incremento en la potencia, genera la posibilidad al atleta de mejorar su rendimiento en deportes cuyo objetivo sea la mejora de la relación fuerza-velocidad. Esto significa para el atleta por ejemplo, rematar mejor, lanzar más rápido y/o anticiparse a un balón.

Denominamos entrenamiento “clásico” de fuerza al que se realiza mediante ejercicios con cargas externas o resistencias, cuyo peso hay que vencer generalmente en contra de la gravedad, a través de la acción muscular. Esas resistencias a vencer son generalmente pesos libres o máquinas con poleas o palancas.

Hay metodologías de trabajo de fuerza, empleando dispositivos hidráulicos, gomas elásticas, máquinas inerciales, etc. Debido a las ventajas del entrenamiento con sobrecargas excéntricas en el rendimiento (de Hoyo *et al.*, 2015), se ha comenzado a incluir este método dentro de los programas de fuerza en los deportes de equipo. Para producir estas sobrecargas excéntricas, se han creado las máquinas isoinerciales. Su uso adecuado provoca una serie de adaptaciones distintas a las máquinas convencionales.

Estas máquinas no dependen de la gravedad, la base de estas máquinas reside en unos volantes o ruedas de inercia. Cuando iniciamos la fuerza en la fase concéntrica, la máquina almacena de distintos modos la energía cinética generada, ésta es devuelta en la fase excéntrica y el sujeto tendrá que frenar dicha inercia.

Esa resistencia es virtualmente ilimitada y se ajusta individualmente, ya que el sistema se adapta oponiendo su inercia a cualquier fuerza que se aplique. Por esta misma razón, la rueda de inercia puede acomodarse a las variaciones de fuerza que tienen lugar durante el recorrido articular debidas a las diferentes ventajas mecánicas en los distintos ángulos articulares.

Hay varios tipos de máquinas dentro de máquinas isoinerciales, podremos diferenciar entre la tecnología YO-YO y la polea cónica versapulley.

Debido a la ingravidez en el espacio y el efecto que este producía en los astronautas (pérdida de masa muscular y fuerza), se creó un ergómetro que podía ofrecer una resistencia independientemente de la gravedad mediante el uso de las fuerzas inerciales de una polea-rueda especial. El mecanismo es parecido al de un yo-yo, es decir, se moviliza en un principio de forma concéntrica y después el cable que se une a la rueda vuelve a la posición inicial enrollándose sobre sí mismo (Tous-Fajardo, 1999).

Tras dejar que el cable rebobine inicialmente, el sujeto debe empezar a ejercer resistencia para desacelerar la rueda hasta que la energía cinética previamente acumulada se disipe y la rueda se pare por completo (Romero-Rodriguez y Tous-Fajardo, 2010).

La polea cónica incluye un cono unido a una rueda de inercia fija a la que pueden añadirse pequeños pesos para variar el momento de inercia.

Al enrollarse en un cono, ofrece una inercia variable durante la amplitud del movimiento y así una mayor resistencia en la parte más estrecha del cono. Gracias a su diseño, la dirección de tracción de la cuerda puede aplicarse libremente en cualquiera de las tres dimensiones, permitiendo así la posibilidad de ejecutar movimientos más complejos y específicos (Romero-Rodriguez y Tous-Fajardo, 2010).

La principal diferencia entre ambos dispositivos es que la polea cónica permite el desarrollo de velocidades altas con niveles de fuerza de moderados a altos, mientras que la tecnología YO-YO permite, a través del entrenamiento en franjas de velocidad moderadas o bajas trabajar a altos niveles de fuerza, por lo que ambos sistemas de entrenamiento son necesarios para cubrir por completo el espectro de fuerza-velocidad.

El presente estudio doctoral hace referencia y uso tanto de los elementos y recursos del entrenamiento tradicional de fuerza, como son las pesas, como al entrenamiento con máquinas isoinerciales con carga excéntricas, como son la polea cónica versapulley y la YO-YO, muy útiles si la inclusión de cargas excéntricas no están limitadas por la fuerza concéntrica, puesto que parece ser superior al entrenamiento tradicional de resistencia a la fuerza en la mejora de las variables asociadas con la fuerza, la potencia y el rendimiento de la velocidad (Douglas *et al.*, 2017).

Como ya se ha documentado, los niños y adolescentes aumentarán naturalmente los niveles de fuerza muscular como resultado del crecimiento y la maduración (Beunen y Malina, 1988; Blimkie *et al.*, 1993; Malina *et al.*, 2004; Beunen y Malina, 2008). El desarrollo adecuado de la fuerza como resultado del entrenamiento puede tener importantes implicaciones para el deporte y la vida cotidiana. Con el fin de inducir adaptaciones en los niveles de fuerza muscular por encima y más allá de los de crecimiento y maduración por sí sola, la magnitud y la intensidad del estímulo de entrenamiento debe ser suficiente (Hetherington, 1976; Docherty, 1987; Malina *et al.*, 2004; Faigenbaum *et al.*, 2009; Behringer *et al.*, 2010).

Sin embargo, la investigación indica claramente que debidamente diseñado, los programas de entrenamiento pueden beneficiar a los jóvenes de todas las edades,

incluso con niños de tan sólo 6 años de edad, haciendo mejoras notables en la aptitud muscular (Weltman *et al.*, 1986; Annesi *et al.*, 2005; Kaufman y Schilling, 2007; Faigenbaum y Myer, 2009). Curiosamente, mientras que la magnitud de las ganancias absolutas de fuerza se han reportado como mayor en adolescentes ($ES=1,91$) en comparación con los niños ($ES = 0,81$) (Behringer *et al.*, 2010), aumentos relativos en la fuerza parecen ser similares en la niñez y adolescencia (Pfeiffer y Francis, 1986; Lillegard *et al.*, 1997; Payne *et al.*, 1997).

El término "entrenabilidad" describe la sensibilidad de los atletas en desarrollo a un estímulo de entrenamiento dado en diferentes etapas de crecimiento y maduración. El crecimiento y la maduración complican el concepto de entrenabilidad, ya que combinados con frecuencia pueden imitar efectos potenciales de entrenamiento (Baxter-Jones *et al.*, 1995; Naughton *et al.*, 2000; Matos y Winsley, 2007).

Recientemente, Keiner *et al.*, (2013) examinaron la capacitación de 141 jugadores de fútbol juvenil (de 11 a 19 años). Los participantes se dividieron en un grupo de entrenamiento de fútbol o en un grupo combinado de entrenamiento de fútbol y entrenamiento de fuerza. Los datos indicaron un alto nivel de capacitación para todos los grupos de edad (menores de 19 años, menores de 17 años, menores de 15 años y menores de 13 años). Utilizando medidas absolutas y relativas de sentadillas, dos años de entrenamiento de fuerza dieron como resultado diferencias entre grupos controlados y entrenados con fuerza que oscilaron entre 125% en el grupo más joven y 54% en el grupo mayor. Curiosamente, los perfiles de fuerza de los jugadores de fútbol se compararon con los datos de 105 levantadores de peso de los jóvenes, hallándose que en todos los grupos de edad los halterófilos eran más fuertes que los jugadores de fútbol. Considerando el efecto que el aumento de la fuerza tiene en la reducción de lesiones (Emery y Meeuwisse, 2010) y la mejora obtenida en distintas variables relacionadas con el rendimiento deportivo, tales como sprint, saltos y fuerza en general, (Hass *et al.*, 2001; Lephart *et al.*, 2005; Chelly *et al.*, 2010) existe un cuerpo creciente de publicaciones y estudios científicos que sugirieren que tras un período de entre cuatro y cinco años de entrenamiento, los niveles de fuerza relativa ($1RM \text{ kg} / \text{kg}$ de masa corporal) en la sentadilla deberían estar comprendidos en unos valores mínimos de 2.0 para adolescentes tardíos (16-19 años); 1.5 para adolescentes (13-

15 años); y 0.7 para niños (11-12 años)(Falk y Eliakim, 2003; Stratton *et al.*, 2004; Faigenbaum y Mediate, 2006; Faigenbaum, 2007; Faigenbaum y Myer, 2009; Myer *et al.*, 2011; Lloyd y Oliver, 2012). Siguiendo esta línea, distintos meta-análisis, (Falk y Tenenbaum, 1996; Payne *et al.*, 1997; Behringer *et al.*, 2010) destacan la efectividad y utilidad del entrenamiento de fuerza para la mejora del rendimiento deportivo en atletas y deportistas adolescentes o jóvenes, y remarcando que éste tipo de programas de entrenamiento no deben restringirse a poblaciones adultas. Para el diseño de las programaciones de los entrenamientos de fuerza tendremos en cuenta aspectos mecánicos, es decir, que medios, ejercicios y orden se van a utilizar para entrenar la fuerza.

Estos medios utilizados para entrenar la fuerza determinan el tipo de acción muscular y el objetivo del entrenamiento (Naclerio-Ayllón, 2011). El tipo y orden de los ejercicios, se pueden clasificar por Específicos (Deportivo o Especiales) y Auxiliares (tanto primarios como suplementarios como asistentes) (DeRenne *et al.*, 2001), o bien por la duración de los tiempos de recuperación entre series y ejercicios, relación entre el tiempo de trabajo y descanso (Kraemer y Ratamess, 2004).

Entre las variables, las fisiológicas, son un aspecto clave para diseñar los programas de entrenamiento:

- La intensidad, que viene determinada por la velocidad y el peso (%1RM).
- La velocidad de ejecución es el factor clave para determinar la intensidad (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002).
- El volumen, que lo calcularemos o bien por medio de los kilos totales (kg x se x rep.) (Fleck y Kraemer, 1997; Earle y Baechle, 2004), o bien por el volumen porcentual (vol.%)=(Rep. totales) x %1RM (Bryenburg y Docherty, 2006). Sin embargo, el vol./% es un indicador de la cantidad de esfuerzo realizado de forma individual. No obstante, su valor no diferencia la zona de entrenamiento y por lo tanto siempre deberá ser asociado con la zona de entrenamiento entrenada (Naclerio-Ayllón y Jiménez-Gutiérrez, 2008).
- La frecuencia de entrenamiento, que es la cantidad de veces que se entrena en una misma zona corporal (grupo muscular) en un Microciclo (Peterson *et al.*, 2005).

Nosotros nos centraremos en el carácter del esfuerzo (CE) y la velocidad de ejecución.

La velocidad de ejecución determina la intensidad debido a que las exigencias neuromusculares y los efectos del entrenamiento dependen principalmente de la propia velocidad a la que se desplazan las cargas. A mayor velocidad conseguida ante una misma resistencia, mayor será la intensidad, e influyendo en el efecto del entrenamiento.

El carácter del esfuerzo, es aplicable a las repeticiones por serie, expresado por la relación entre las repeticiones realizadas y las realizables. Si conocemos el número de repeticiones realizadas del total posible que se pueden realizar con un determinado peso o carga, llegamos a una valoración muy precisa sobre las características de la intensidad y del efecto que va a producir ese tipo concreto de trabajo sobre el organismo (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002).

Entre todas las variables que debemos tener en cuenta para controlar una dosis adecuada de cargas de entrenamiento en fuerza, son el volumen y la intensidad variables claves para determinar las adaptaciones y el logro de los objetivos propuestos (Fry *et al.*, 1991). Por ello, se han establecido varias metodologías para controlar esas oscilaciones de la intensidad y definir los volúmenes más apropiado en los entrenamientos de fuerza (Rhea *et al.*, 2003; Peterson *et al.*, 2004), así en algunos estudios se ha demostrado la existencia de coeficientes de correlación significativos entre la intensidad o el volumen de los ejercicios y la actividad electromiografía muscular (Sale, 1988; Lagally *et al.*, 2002), o incluso con otras variables de tipo metabólico, como los niveles de lactato muscular o sanguíneo y las concentraciones de amonio (Crewther *et al.*, 2006).

Cualquiera de las formas, implica una dificultad de aplicación cotidiana para controlar las respuestas individuales ante desiguales cargas de entrenamiento, por lo que algunos autores han propuestos otras metodologías de fácil aplicación, como son las escalas de percepción subjetiva. Herramientas de control válidas para comprobar el grado de esfuerzo realizado tanto al acabar cada serie de ejercicio (Suminski *et al.*, 1997; Robertson *et al.*, 2000; Robertson *et al.*, 2004; Robertson *et al.*, 2005) como al finalizar la sesión (Day *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2007).

1.3.2 Fuerza en el waterpolo

Desde finales del siglo xx, el entrenamiento de fuerza en waterpolo ha ido incrementando en importancia. Paralelamente han ido apareciendo nuevas investigaciones y tecnologías para su conocimiento y estudio.

Como la mayoría de los deportes de equipo, las demandas físicas y fisiológicas del waterpolo dependen no sólo de las reglas del juego, sino también de las características de cada juego en particular (Smith, 1998).

Conocer, valorar y medir estos parámetros son por lo tanto de máxima importancia en el rendimiento deportivo, ya que conociendo estos podremos aproximarnos a las claves del entrenamiento deportivo.

Es vital que la programación del entrenamiento y su control vayan de la mano. Conocer pautas para realizar correctamente diferentes tipos de test que incidan en las verdaderas variables que sean relevantes para el rendimiento en waterpolo son la base para una progresión en este deporte.

Pocas son las investigaciones realizadas hasta el momento, sobre todo por la dificultad que presenta el medio donde se realiza este deporte.

Es por ello que valorar la fuerza es un primer paso para conseguir los siguientes objetivos (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002).

- Controlar el proceso de entrenamiento/cambio en el rendimiento.
- Valorar la relevancia de la fuerza y la potencia en el rendimiento específico: varianza explicada.
- Definir las necesidades de fuerza y potencia.
- Definir el perfil del deportista: puntos fuertes y débiles.
- Comprobar la relación entre los progresos en fuerza y potencia y el rendimiento específico: relación entre cambios.
- Predecir los resultados.

- Prescribir el entrenamiento más adecuado en función de:
 - a) Las necesidades de fuerza y potencia en el deporte y del propio sujeto.
 - b) Los resultados de los test realizados hasta el momento.
- Valoración de la influencia de la fuerza y la potencia sobre las demás cualidades.
- Discriminar entre deportistas del mismo y de diferentes niveles deportivos.
- Contribuir a la identificación de talentos.

Ha habido algunas modificaciones del reglamento, por lo que no sabemos cómo ha podido influir a nivel fisiológico esto.

Analizando las distintas acciones que ocurren a lo largo de un partido, tanto a nivel de jugadores como sus distintas posiciones, podremos diseñar un programa para optimizar el rendimiento a través del entrenamiento, por ejemplo, diferentes acciones con salto, lanzamientos, lucha, diferentes acciones de nado, tanto aceleraciones como paradas y en distintos planos, siempre integrado con aleatoriedad y según marquen las acciones propias del juego.

Puesto que la demanda neuromuscular es muy importante, la planificación del trabajo de fuerza debe ser fundamental.

La mejora de la fuerza es un factor importante en todas las actividades deportivas, y en algunos casos determinantes. Nunca puede ser perjudicial para el deportista si se desarrolla de una manera correcta. Sólo un trabajo mal orientado en el que se busque la fuerza por sí misma, sin tener en cuenta las características del deporte, puede influir negativamente en el rendimiento específico (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002).

De todo ello, podemos inferir que la fuerza es la cualidad condicional más importante a abordar en el waterpolo (de forma conjunta con la velocidad y sin

obviar la relevancia e importancia del trabajo integrado con el resto de cualidades) (Seirulo, 1995; Cometti, 1999). Es por ello que, con el propósito de enfocar el entrenamiento hacia una optimización y mejora del rendimiento, los programas prescritos deben adaptarse a las características y necesidades de los sujetos, teniendo en todo momento presente la disciplina deportiva en la que estamos implicados, de tal forma que influirá de forma coadyuvante en el desarrollo del resto de cualidades físicas implicadas (tanto condicionales como motrices). De la mano de las acciones físicas realizadas en el juego, existirán otras acciones y decisiones técnicas y tácticas, en las que el jugador deberá combinar la elección correcta y su estado físico de cara a alcanzar con mayor probabilidad el logro en cada fase del juego (Cometti, 1999).

González-Badillo *et al.*, (2002), remarcan la importancia de un concepto que es fundamental para la eficiencia y éxito en cualquier disciplina deportiva: la fuerza útil, entendida como “la que se puede aplicar o manifestar a la velocidad con la que se realiza el gesto deportivo”. Dado que todas las acciones y gestos descritos con anterioridad y añadiendo la complejidad y dificultad añadida que tiene la interpretación del juego con uno o varios contrarios pugnando durante el juego, es necesario realizar dichas acciones con la máxima velocidad posible, con el afán de alcanzar el objetivo final: ganar. Consecuentemente, el entrenamiento de fuerza en waterpolo debe orientarse a buscar la forma óptima, no máxima.

Además de las habilidades técnicas y tácticas, se ha argumentado que la fuerza muscular y la potencia, tanto en el tronco, como la fuerza de la parte superior e inferior del cuerpo son los factores más importantes que dan una clara ventaja en las competiciones de élite (Sáez de Villarreal *et al.*, 2014). Cada uno de estos factores se puede mejorar con el entrenamiento adecuado, particularmente con entrenamiento de fuerza.

El empleo de metodologías de fuerza y acondicionamiento que se dirigen a la optimización de las capacidades de potencia y rendimiento de la fuerza es beneficioso para aumentar el rendimiento competitivo de los jugadores de WP y se considera un determinante críticamente importante del éxito en este deporte (Sáez de Villarreal *et al.*, 2015).

Al construir una intervención de entrenamiento, los ejercicios de fuerza utilizados en el programa de entrenamiento deben coincidir con las necesidades individuales de los atletas mientras se consideran las características biomecánicas y fisiológicas del deporte en el que están involucrados (Sáez de Villarreal *et al.*, 2015).

El entrenamiento general de fuerza con ejercicios para la parte superior del cuerpo con cargas de 60-80% de 1 repetición máxima (1RM) parece influir positivamente en la velocidad de lanzamiento (Van Den Tillaar, 2004).

Chelly *et al.*, (2009) destacaron previamente la contribución de la parte inferior del cuerpo a la habilidad de lanzar, subrayando que los entrenadores deben incluir programas de fuerza y de alta intensidad no solo para los hombros y los brazos, sino también para la parte inferior del cuerpo. El entrenamiento bisemanal de este tipo parece suficiente para inducir ganancias sustanciales no solo en la producción máxima de potencia y la fuerza dinámica, sino también en la velocidad de lanzamiento (Ramos-Veliz *et al.*, 2014).

Debido a las crecientes demandas de entrenamiento técnico y competencia, se podría proponer la fuerza y el acondicionamiento en la temporada para mantener niveles adecuados de fuerza y potencia durante la temporada de juego (Weineck, 1994).



Figura 2. Expresiones de la fuerza en el waterpolo según la acción que se realice. Adaptado de Seirulo (1995).

1.3.3 Variables fisiológicas del rendimiento en waterpolo

La naturaleza de las demandas del waterpolo, determinada o influenciada por las reglas, se presenta en la tabla I. También se incluyen las características específicas de un juego individual que pueden afectar las demandas del juego (Smith, 1998).

Tabla 1. Reglas de waterpolo y características individuales del juego

Reglas-básicas determinantes	Juego-específico determinantes
Duración 4x7 minutos de juego real con 2 minutos de descanso entre el 1º y 2º, 3º y 4º y 5 minutos de descanso entre 2º y 3º 6 jugadores de campo y 1 portero en el agua 6 sustitutos en el banquillo Está permitida la sustitución después de gol, exclusión, penalti, cuarto, tiempo muerto y desde el área descrita, durante el juego. Exclusión durante máximo 20 segundos Tiempo extra posible	Evento del juego Número de faltas ordinarias Número de goles Número de exclusiones Número de penaltis Número de tiempos muertos usados Tiempo extra
Intensidad Mínima intensidad para realizar tareas de natación, pases chut, y contacto con oponentes Campo de juego de 30m de largo x 20m de ancho y 1,8 de profundidad. No está permitido el contacto con el fondo de la piscina, los laterales o la pared durante el tiempo de juego El balón medirá entre 68 y 71cm de circunferencia y 400-450g de peso. La portería medirá 0,9m de alto y 3m de ancho	Carácter del juego Competitividad del juego Cercanía del juego Importancia del juego Tiempo de juego en la competición Nivel de competición
Frecuencia 30 segundos máximo de posesión por equipo	Carácter del entrenador, jugador y arbitro Situación de jugadores Posición jugada Estilo de juego Habilidades tácticas y estratégicas Habilidades técnicas Habilidades físicas Estilo de arbitraje
	Ubicación de las instalaciones Interior/Exterior Altitud

Modificado Smith, 1998.

A diferencia con los deportes individuales, en los que sus esfuerzos son típicamente continuos, como el atletismo y la natación, los deportes de equipo suelen caracterizarse por una intensa actividad intermitente; es decir, repetidos esfuerzos de corta duración y alta intensidad, intercalados con breves períodos de recuperación. La capacidad repetida de sprint (RSA), es la capacidad para realizar repetidos episodios de trabajo de alta intensidad con períodos de recuperación cortos o incompletos entre esfuerzos sucesivos (Impellizzeri *et al.*, 2008).

Es ampliamente considerado como un parámetro crítico de resistencia para los jugadores de deportes de equipo (Rampinini *et al.*, 2007; Tan *et al.*, 2010).

Por lo tanto, los jugadores de deporte de equipo están obligados a poseer un alto nivel de repetición de la capacidad de sprint (RSA).

El deporte del waterpolo es un ejemplo de deporte de equipo, de naturaleza intermitente, demandando intensas andanadas de limitada actividad, cada una durando aproximadamente entre 7 y 14 segundos (Smith, 1998).

Durante el juego, estas actividades de intensidad se integran dentro de periodos a menos intensidad e incluso periodos de recuperación.

Ser capaz de mantener un alto rendimiento de sprint durante los sucesivos esfuerzos de sprint establece una buena capacidad RSA (Gamble, 2013).

Episodios repetidos de alta intensidad durante el partido van acumulándose, en general, la intensidad del ejercicio disminuye a menudo que avanza el partido, lo que sugiere la probabilidad de fatiga durante las últimas etapas (Tan *et al.*, 2009).

La distancia total de nado de los jugadores masculinos durante un juego de waterpolo oscila entre 500-1000m. y 1500-1800m. (Smith, 1998). A pesar de esto, los jugadores pasan sólo el 50% del tiempo de juego en una posición horizontal del cuerpo; durante el tiempo restante, realizan actividades en una posición vertical del cuerpo, de intensidad moderada a alta, con y sin contacto con un oponente. Por lo tanto, la velocidad del desplazamiento horizontal puede no reflejar adecuadamente la intensidad y la naturaleza intermitente de las actividades ejecutadas en el partido, particularmente para los movimientos de aceleración y desaceleración en el plano vertical o en contacto con los oponentes. Es muy interesante saber que se ha hallado que la frecuencia cardiaca de los jugadores normalmente excede el 80% del máximo en cualquiera de las fases del partido insinuando que las tareas intermedias de menor intensidad son de duración insuficiente para la recuperación completa (Pinnington y Blanksby, 1986).

La alta relación de tareas de intensidad moderada y alta, y la elevada contribución de la frecuencia cardiaca observada durante un partido, sugiere que el metabolismo aeróbico proporciona una gran parte de las demandas energéticas de este. En apoyo a esto, los valores de VO_2 máx. son moderadamente altos (58 a 61 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) en los jugadores de waterpolo de nivel nacional (Smith, 1998). Estos resultados son semejantes a los reportados para jugadores de otros deportes intermitentes de equipos de contacto, como el fútbol (Meckel *et al.*, 2009) y el rugby (Nicholas, 1997), aunque menor a los reportados para nadadores (63 a 69 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) (Fernyes y Vilas-Boas, 2012).

Con todo esto, se puede intuir que una alta capacidad en el nivel aeróbico es un requisito previo para mejorar el rendimiento durante las actividades de sprints repetidos. (Glaister, 2005; Spencer *et al.*, 2005).

Sin embargo, la correlación entre la aptitud aeróbica (por ejemplo, VO_2 máx.) y los índices de RSA han sido débiles. Mientras que algunos autores han reportado correlaciones significativas entre ambos, por ejemplo (Dawson *et al.*, 1993; Aziz *et al.*, 2002; Brown *et al.*, 2007), otros no han podido hacerlo (Aziz *et al.*, 2007)(por

ejemplo, Castagna *et al.*, 2007; Wadley y Le Rossignol, 1998). Por lo tanto, se requiere más investigación, especialmente con la natación como modo de ejercicio, ya que la mayoría de los estudios con repetición de sprint han empleado la carrera (Chia, 2000; Aziz *et al.*, 2002; Meckel *et al.*, 2009) o el ciclismo (Fitzsimons *et al.*, 1993; Bishop *et al.*, 2004). Hasta donde sabemos, pocos estudios (Meckel *et al.*, 2012; Yapıcı y Öznalbant, 2016) han investigado índices de RSA en natación. Sin embargo, estos estudios examinaron a nadadores que son conocidos por realizar esfuerzos continuos y no repetidos (Meckel *et al.*, 2013).

En deportes de esfuerzos intermitentes como es el caso del waterpolo, requieren mantener la capacidad tanto aeróbica como anaeróbica, durante los 32 minutos de juego. Esto exige periodos cortos de máxima intensidad intercalados con espacios de recuperación, las acciones de máxima intensidad van unidas con acciones técnicas de mucha precisión como un pase, un lanzamiento, un salto, etc.

Estas variables, precisión, velocidad, toma de decisiones etc., con vistas a la merma del rendimiento tras acumulaciones en un partido de repetidos sprint, parece que hay estudios al respecto.

Por un lado, vemos que los efectos de la fatiga son compensados mediante una nueva coordinación motriz. Con la fatiga, aumenta la rigidez del sistema y probablemente simplifica la ejecución y el control del movimiento (Forestier y Nougier, 1998).

Según Royal *et al.*, (2006), los aumentos incrementales en la fatiga influyeron de manera diferente en la toma de decisiones (mejoradas) en relación con el rendimiento técnico (disminuido), la precisión y la velocidad de la pelota se vieron sin cambios en el lanzamiento. En un estudio en waterpolistas femeninas, se analizan los efectos del sprint con la precisión del lanzamiento y su velocidad. Parece que en este estudio la velocidad de la pelota disminuye después de los sprint repetidos, sin embargo la precisión no se ve afectada (Stevens *et al.*, 2010).

Los parámetros antropométricos, como pueden ser el tamaño corporal a través de IMC, la circunferencia de brazo, el diámetro biacromial del fémur, (Vila Suárez *et al.*, 2009) y los altos niveles de fuerza, (un alto nivel de fuerza en el tren inferior es un buen predictor de una mayor velocidad de lanzamiento (McCluskey *et al.*, 2010), se confirman como factores importantes para llegar al alto rendimiento en waterpolo.

Otro de los factores más importantes en el rendimiento deportivo es la recuperación de la fatiga después del entrenamiento o la competición, especialmente en modalidades en las que los deportistas entrenan o compiten en ocasiones, el mismo día o en días sucesivos, con poco tiempo para su recuperación (Terrados *et al.*, 2011).

La fatiga se desarrolla rápidamente después del primer sprint. Ahora se acepta que la fatiga puede ser causada por una variedad de factores, que van desde la generación de un comando motor inadecuado en la corteza motora (es decir, factores neurales) hasta la acumulación de metabolitos dentro de las fibras musculares (es decir, factores musculares) y que no hay un solo mecanismo global responsable de todas las manifestaciones de fatiga. La naturaleza compleja de la fatiga también se destaca por la diversidad de enfoques, modelos o índices que se han utilizado para explicar la disminución del rendimiento (Girard *et al.*, 2011).

El rendimiento durante el trabajo de sprint múltiple puede verse influenciado por muchos factores asociados con el metabolismo energético y la acumulación de metabolitos. Con todo, parece que la fatiga durante el trabajo de sprint múltiple es probable que sea el resultado de un espectro de eventos en lugar de un solo factor causante, con metabolitos como Na^+ y K^+ que también tienen funciones potenciales para jugar en su etiología (Glaister, 2005). La naturaleza prolongada y de alta intensidad del partido aumenta la perturbación metabólica y conduce a una reducción progresiva de la intensidad del juego (Pinnington *et al.*, 1988; Platanou y Geladas, 2006; Galy *et al.*, 2014). Un factor que puede limitar la caída de la intensidad del partido es el nivel de condición física de los jugadores. Galy *et al.*, (2014) mostraron que la aptitud aeróbica de los jugadores (VO_2 máx. y el umbral anaeróbico) es un predictor significativo de la intensidad del partido.

Un partido típico de waterpolo dura entre una hora, y hora y media, y se caracteriza por esfuerzos de variada intensidad y duración. Las acciones son generalmente cortas (<15 seg.) e intensas con momentos de recuperación limitados. La proporción de actividad-descanso en un partido puede ser de 5:2 (Smith, 1998). El umbral de lactato medio está sobre 83% de la reserva de la frecuencia cardíaca, muy cerca del coste promedio energético del partido (Hollander, 1994).

Las velocidades de natación cercanas al umbral anaeróbico son raras durante un partido de waterpolo para evitar la acumulación de lactato (Hohmann y Frase, 1992). Por lo tanto, un alto umbral de lactato será ventajoso para el jugador para mantener un buen rendimiento general durante el partido (Hollander, 1994; Tsekouras *et al.*, 2005).

Mientras el partido está en juego, el estado del deportista va variando en función del tipo de esfuerzo que realice (desplazamientos, tareas defensivas y/o ofensivas, diferentes tipos de pases en función de las necesidades concretas de la situación de partido, lanzamientos eficientes, es decir, precisos) el tiempo que están realizando todas esas tareas, así como la relación que pueda existir entre ese tiempo y el descanso entre una nueva repetición. Por tanto, Smith (1998) sugiere que las demandas de los sistemas energéticos durante un partido de waterpolo de gran nivel competitivo están recogidas en los siguientes porcentajes:

- 50-60 % Sistema aeróbico.
- 30-35 % Sistema anaeróbico aláctico.
- 10-15 % Sistema anaeróbico láctico.

Aun así, prácticamente todos los investigadores están de acuerdo en la predominancia de los sistemas energético, pero no en sus porcentajes.

1.3.4. Velocidad de lanzamiento

La naturaleza intermitente del waterpolo, en la que se dan de forma alternativa esfuerzos de alta intensidad y corta duración con momentos de intensidad más moderada, hace necesaria una gran resistencia de cara a mantener la frescura física, cognitiva y motriz durante la totalidad de los 32 minutos que dura el partido, conservando la capacidad de realizar movimientos y gestos rápidos y explosivos, tales como el lanzamiento y el bloqueo, así como la velocidad necesaria para realizar contraataques, repliegues en defensa, robos de balón, etc. (Stevens *et al.*, 2010). Adicionalmente, es preciso contemplar que el waterpolo es un deporte en el que abunda el contacto físico, lo que da lugar a que sucedan acciones como la lucha

cuerpo a cuerpo contra los rivales bloqueos, agarres, contactos y empujones (Smith, 1998; Van der Wende, 2005).

La forma y composición del cuerpo "final" en un deporte dado es el resultado de un fenómeno llamado "optimización morfológica del deporte" (Norton y Olds, 2001).

Varias son las diferencias en la morfología y composición del cuerpo de los jugadores (Lozovina, 1986), debido a los cambios ambientales en general, y cambios dentro del juego del waterpolo mismo (Lozovina *et al.*, 2003).

Por tanto, el desarrollo de las características antropométricas y, la optimización del entrenamiento de las capacidades físicas específicas son dos puntos clave para formar a jugadores más fuertes y más rápidos (Mészáros *et al.*, 1998; Lozovina y Pavicic, 2004; Aleksandrović *et al.*, 2007).

Una de las habilidades más decisivas y determinantes del waterpolo es el lanzamiento (Smith, 1998; Van der Wende, 2005). Puesto que es tan importante, debemos destacar dentro de él los factores que lo determinan. Uno de los más importantes es la velocidad que lleva la propia bola.

La velocidad con que va la pelota hacia la portería es una singularidad muy importante en el waterpolo, además esta característica, es dependiente de varios factores, la fuerza muscular, la técnica individual y la sincronización oportuna de los diferentes segmentos corporales (Jöris *et al.*, 1985). Uno de los factores clave en el éxito del lanzamiento es que se de la conjunción de velocidad y precisión en el lanzamiento del balón. De esta forma, el portero y los defensores tendrán menos tiempo de percepción-decisión-ejecución en su labor defensiva, lo que implicará un aumento de las posibilidades de conseguir un gol. Existen gran cantidad de estudios que ahondan en dicha cuestión, analizando biomecánicamente el lanzamiento de penalti. Sin embargo, son pocos los estudios que analizan la fuerza y la velocidad de lanzamiento de las extremidades superiores en el waterpolo (Bloomfield *et al.*, 1990; McMaster *et al.*, 1991).

McMaster *et al.*, (1991) lo evalaron realizando mediciones isocinéticas, con el objetivo de detectar posibles desequilibrios musculares, mientras que Bloomfield *et al.*, (1990) analizaron la relación entre la fuerza y la velocidad de lanzamiento con los parámetros antropométricos de los jugadores.

También hay estudios que analizan la influencia de la zona o área de lanzamiento en la velocidad del balón, y en función de esta, la reacción del portero, aunque no

pueden relacionar la velocidad de lanzamiento (influenciada por la zona) y la eficacia del lanzamiento.

Se ha demostrado que hay áreas de incidencias más altas en el tiro. Estos porcentajes pueden explicarse mediante la combinación de dos factores diferentes: la distancia desde el jugador hasta el objetivo (portería) y la distancia desde el lanzador hasta la defensa.

A medida que el lanzador está más cerca de la meta, más jugadores de la defensa están más cerca del lanzador, porque el lanzador está en una buena posición para marcar un gol. Por el contrario, conforme la distancia desde el lanzador al objetivo es mayor, la presión de defensa es menor. En este tipo de lanzamientos, el tiempo de vuelo del balón es mayor, por lo que el portero tiene mucho más tiempo para bloquearlo (Abraldes *et al.*, 2011).

Pocos son los estudios que aborden la programación de la fuerza específica en waterpolo, aunque si en otros deportes colectivos como el balonmano (Jöris *et al.*, 1985; Van Den Tillaar, 2004; Gorostiaga *et al.*, 2005).

Estudios recientes, han demostrado que hay mejoras del rendimiento (el salto vertical específico en el agua, el nado de sprint y las habilidades de lanzamiento) mejoradas por la vía de la fuerza y la alta intensidad de entrenamiento (Ramos-Veliz *et al.*, 2014).

Hay una gran relación entre la velocidad de lanzamiento y el uso de las extremidades superiores solamente o en combinación con las extremidades inferiores. Siendo muy superior las velocidades en la combinación con las dos y además con gran relación de fuerza en el tren inferior (Yapıcı *et al.*, 2017).

Por lo que, en waterpolo, ser capaz de realizar lanzamientos rápidos y precisos, concretamente a la hora de lanzar a portería, es fundamental para conseguir un gol. Un aumento en la velocidad de lanzamiento reduce el tiempo que tiene el portero para detectar la trayectoria del lanzamiento y desviar o recepcionar la pelota, lo que aumenta la probabilidad de marcar gol (Bloomfield *et al.*, 1990; McCluskey *et al.*, 2010).

Según Vila Suárez *et al.*, (2009) donde no había portero, era donde se encontraban los lanzamientos de mayor velocidad; sin embargo al introducir una situación táctica con portero, las velocidades de lanzamientos eran menores (Van der

Wende, 2005). Hay que tener en cuenta que no siempre el lanzamiento de mayor velocidad es lo más importante, sino la precisión de este (Van der Wende, 2005).

Aunque es indiscutible la importancia de la velocidad ejercida por el jugador al balón, puesto que si este parámetro no se da (niveles alto de velocidad de lanzamiento), no es posible lograr elevados niveles de rendimiento. (Davis y Blanksby, 1977; Whiting *et al.*, 1985; Elliott *et al.*, 1989; Bloomfield *et al.*, 1990; Feltner y Nelson, 1996; Van der Wende, 2005).

Otro aspecto que influye en la mejora del lanzamiento (y, por consiguiente, mejora del rendimiento) es obtener una gran altura y potencia de las extremidades inferiores. Tales indicaciones pueden ayudar a los entrenadores durante la identificación del talento y los procesos de desarrollo, incluso a través de nuevas estrategias de entrenamiento. Se necesita más investigación sobre diferentes estados de madurez (De Siati *et al.*, 2016).

Este rendimiento fue menor que los valores encontrados en jugadores expertos en hombres adultos (Lozovina y Pavicic, 2004; Tsekouras *et al.*, 2005; Aleksyrovic *et al.*, 2011; Debanne y Laffaye, 2011; Galy *et al.*, 2014), con media valores entre 16.50 y 20.53 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, pero bastante comparable con jugadores de nivel universitario (13.70-18.90 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Por último, el tiempo de lanzamiento es dependiente de la edad, y parece jugar un papel importante en la velocidad de la pelota. Estas variables están vinculadas entre sí, con un coeficiente de correlación de $r = -0.47$. El análisis de varianza (ANOVA) propone que el patrón cinemático cambia entre las edades de 10-12 años y 13-15 años, pero no después, disminuyendo el tiempo de lanzamiento en aproximadamente un 11%. Esto significa que la coordinación neuromuscular se vuelve más eficiente al comienzo de la adolescencia, pero luego la variabilidad individual impacta más que el efecto del crecimiento. Una limitación de este estudio es que solo se consideró la edad de los participantes, mientras que su etapa de maduración no se evaluó.

El entrenamiento de fuerza general puede ser favorable para los deportistas debido a la posibilidad de mejorar las capacidades de producción de fuerza del músculo, incrementar la masa corporal total, reducir el riesgo de lesiones deportivas y mejorar la estabilidad del core (Young, 2006). Sin embargo, la transferencia directa para mejorar el rendimiento deportivo podría verse limitada

por tal entrenamiento en deportistas experimentados. Aunque el entrenamiento de fuerza inespecífico puede inducir adaptaciones neuronales y aumentar la producción de potencia de músculos individuales, parece que para maximizar la transferencia a habilidades deportivas específicas, el entrenamiento debe ser lo más específico posible, especialmente con respecto al patrón de movimiento y la velocidad de contracción (Young, 2006). Se puede esperar que este tipo de entrenamiento mejore la coordinación intermuscular y asegure que los músculos estén conectados, en armonía, con cualquier nueva capacidad de generación de fuerza adquirida. Agregar una carga a un movimiento deportivo parecería ser una estrategia adecuada para lograr esta especificidad, aunque sería necesario considerar la cantidad y la dirección de la resistencia añadida (Young, 2006).

Se ha resaltado la especificidad del entrenamiento de resistencia a la fuerza para la transferencia al rendimiento deportivo. Por lo tanto, ¿cuál es el papel, si lo hay, para el entrenamiento de resistencia general o inespecífico?

En primer lugar, se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza general se transfiere al rendimiento en habilidades como salto vertical (Baker, 1996) y velocidad de lanzamiento de béisbol (DeRenne *et al.*, 2001). Por ejemplo, el entrenamiento de fuerza utilizando ejercicios de press de banca y pull-over durante 8 semanas produjo un aumento del 22,8% en 6RM de fuerza, y esto fue acompañado por una mejora significativa (4,1%) de la velocidad de lanzamiento de béisbol (Newton y McEvoy, 1994). Los sujetos en este estudio tenían una edad media de 18,6 años y no tenían experiencia previa en el entrenamiento de fuerza. No está claro si las ganancias serían parecidas a partir de un entrenamiento de fuerza general en jugadores de béisbol entrenados con niveles altos de fuerza (Young, 2006).

En nuestro caso, queremos estudiar la influencia del trabajo de fuerza de forma específica en deportistas entrenados en fuerza y con un nivel de rendimiento alto, y uso diferentes metodologías de trabajos, entre ellas el uso de máquinas isoinerciales.

Hay pocos estudios que hayan investigado la influencia del uso de estos dispositivos inerciales en acciones deportivas específicas de ese mismo deporte, como puede ser lanzar o saltar en situación real de deportes de equipo en temporada, dado que su tiempo para entrenar es muy limitado.

En el estudio de Sabido *et al.*, (2017) no aparecen mejoras significativas del lanzamiento usando este tipo de dispositivos, aunque los propios autores lo achacan a una mala gestión y elección de ejercicios para su posible mejora. (Sabido *et al.*, 2017).

1.3.5. Tiempo de nado

Para el análisis de esta variable hemos tenido en cuenta la gran revisión de Morouço *et al.*, (2011). El rendimiento en natación es altamente dependiente de la fuerza muscular y la potencia. Según Sharp *et al.*, (1982), la potencia, ofrece una evaluación objetiva de un componente esencial en la natación de velocidad.

Algunos autores como Tanaka *et al.*, (1993) observaron en su estudio que a pesar de haber mejorado entre un 25 y un 35% su fuerza, ésta, parecía no tener influencia en el rendimiento de la natación. La falta de una transferencia positiva entre el aumento de la fuerza en “seco” y la fuerza de propulsión de la natación puede deberse a la especificidad del entrenamiento. Tiempo mas tarde, Tanaka y Swensen (1998) concluyen que, a diferencia de correr y andar en bicicleta, el entrenamiento tradicional de fuerza en “seco” o el entrenamiento combinado de natación y fuerza no parecen mejorar el rendimiento de natación en individuos no entrenados o nadadores competitivos, a pesar de aumentar sustancialmente la fuerza de la parte superior del cuerpo. Sin embargo, los programas combinando natación y entrenamiento específicos de natación de fuerza en agua aumentan la velocidad de un nadador de competición en distancias de hasta 200 metros.

El entrenamiento de resistencia a la fuerza tradicional puede ser un valioso complemento de los programas de ejercicio seguidos por corredores de resistencia o ciclistas, pero no por nadadores; estos últimos deportistas necesitan formas más específicas de entrenamiento de resistencia a la fuerza para lograr la mejora del rendimiento (Tanaka y Swensen, 1998).

Otro autor, en un estudio más reciente (Girold *et al.*, 2007) estudió los efectos durante 12 semanas de un entrenamiento en “seco” contra un entrenamiento de sprint tanto asistido como resistido en ejercicios de sprint en natación de rendimiento (50m. libres).

La combinación de natación y fuerza o natación y ejercicios de sprints asistidos o resistidos fueron mas eficientes que un programa exclusivo de natación. Al final del período de entrenamiento, observaron aumentos significativos en la velocidad de nado y la fuerza de los flexores y extensores del codo en ambos grupos.

La frecuencia de brazada aumentó en el grupo de sprint resistido y asistido, pero no en el grupo de fuerza. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento de natación entre los grupos. No se registraron cambios significativos en grupo control.

En resumen, los programas que combinan natación con fuerza en “seco” o con ejercicios de resistencia o asistencia en agua generaron un aumento similar en el rendimiento de sprint y fueron más eficientes que los métodos tradicionales de entrenamiento de natación.

Otros autores, (Sadowski *et al.*, 2012), apreció en su estudio que había una tendencia a mejorar el rendimiento realizando un entrenamiento con resistencia en el agua, aunque lo datos principales de su estudio no pueden afirmar con claridad que el entrenamiento de fuerza permitiera una mejora en el rendimiento de natación. Por otro lado, Amaro *et al.*,(2017) observan que debe darse un periodo de 4 semanas de adaptación para que haya algún beneficio de la ganancia de fuerza en el rendimiento en natación y además que los programas de fuerza deberían reforzar el uso de la explosividad en las sesiones de entrenamiento.

Usando una variedad de tests, la fuerza muscular del tren superior del cuerpo y la potencia de nado han demostrado que se correlaciona bien con la velocidad de nado. Así podemos observar que desde hace tiempo, Sharp *et al.*, (1982) encontró una relación cercana entre el rendimiento de potencia y el rendimiento de natación de velocidad ($r = 0.90$). Otro autor, Toussaint y Vervoorn (1990) observó que a pesar de que el tiempo de entrenamiento y el volumen realizado, en su estudio fueron iguales, el grupo de entrenamiento mostró una mejora significativamente mayor en la fuerza (de 91 a 94 N, 3,3%), velocidad (de 1.75 a 1.81 m. \cdot s⁻¹, 3,4%) y potencia (de 160 a 172 W, 7%) como se midió en el sistema MAD, y un aumento en la longitud de brazada en crol. El grupo de entrenamiento mostró una mejora significativa en los tiempos de nado de 50 m. (de 27.2 a 26.6 seg.), 100 m. (de 59.3 a 57.4 seg.) y 200 m. (de 129.6 a 127.3 seg.). Se concluye que el POP (punto fijo de empuje, en inglés “fixed push off point) es un dispositivo de entrenamiento

específico especialmente adecuado para aumentar la producción de potencia máxima en natación.

También, Hawley y Williams (1991) obtuvieron relaciones significativas entre la velocidad de nado de más de 50 m. (S50=swim speed) y potencia pico(PP) ($r = 0.82$, p menor que 0.001), S50 y potencia media (MP) ($r = 0.83$, p menor que 0.001), y S50 e índice de fatiga (FI) ($r = 0.41$, p menos de 0.05). PP y MP mostraron correlaciones significativas, pero generalmente decrecientes con la velocidad de nado a medida que aumentaba la distancia. Se encontraron relaciones sustanciales ($r = 0.74-0.96$, p menor que 0.001) entre S50 y velocidades de nado a distancias de hasta 400 m. inclusive. Este estudio muestra que existe una fuerte relación entre la potencia anaeróbica de la parte superior del cuerpo, medida por el WAAT, y el rendimiento tanto en sprint como en eventos de natación de mayor distancia (400 m.). El WAAT puede servir como una herramienta útil para que los entrenadores evalúen y vigilen objetivamente el poder anaeróbico de la parte superior del cuerpo de los nadadores de la competencia.

En otro estudio, Hawleyn *et al.*, (1992) muestran fuertes relaciones entre la producción de potencia de brazos y piernas y el rendimiento tanto en sprint (50m.) como en media distancia (400m.).

Recogiendo varios estudios hasta ese momento, (Inbar y Bar-Or, 1977; Costill, 1983; Costill *et al.*, 1985; Hawley y Williams, 1991) los resultados obtenidos hasta entonces sugerían que la “potencia muscular” es un determinante importante del rendimiento tanto de sprint como de natación de media distancia. Aunque los mecanismos que subyacen a la relación entre la "potencia muscular" y el rendimiento en natación no pueden explicarse en el estudio actual.

Recordando el estudio de Tanaka y Swensen (1998) podíamos ver que, a diferencia de correr y andar en bicicleta, el entrenamiento tradicional de fuerza en “seco” o el entrenamiento combinado de natación y resistencia a la fuerza no parecen mejorar el rendimiento de natación en individuos no entrenados o nadadores competitivos, a pesar de aumentar sustancialmente la fuerza de la parte superior del cuerpo. Sin embargo, los programas combinando natación y entrenamiento específicos de natación en agua de resistencia a la fuerza aumentan la velocidad de un nadador de competición en distancias de hasta 200 metros. El entrenamiento de resistencia a

la fuerza tradicional puede ser un valioso complemento de los programas de ejercicio seguidos por corredores de resistencia o ciclistas, pero no por nadadores; estos últimos deportistas necesitan formas más específicas de entrenamiento de resistencia a la fuerza para lograr la mejora del rendimiento (Tanaka y Swensen, 1998).

En el estudio de Aspenes *et al.*, (2009) la mejora de la fuerza de nado atado se relacionó con una mejora en los 400m. libre, por lo que, coincidiendo con estudios de otros autores anteriormente citados, se concluye que el entrenamiento de fuerza podría ser importante para mejorar la natación en la distancia media.

En un estudio actual, Storck (2017) diseñó un programa de entrenamiento que combinaba nadar con ejercicios asistidos y resistidos en el agua o ejercicios de fuerza en seco, mejorando el rendimiento de natación sprint más que el entrenamiento de natación solamente (Girolid *et al.*, 2007). También se ha demostrado que un programa de fuerza en seco combinado con la natación puede conducir a un mayor rendimiento en natación de velocidad más que a nadar solo (Girolid *et al.*, 2012).

Por lo tanto, las mejoras en la fuerza en brazos pueden producir una mayor fuerza máxima por prueba, y como consecuencia con mayor velocidad de nado, especialmente en las distancias de sprint.

Strzala y Tyka (2009) observaron que la velocidad del brazo determina la resistencia y la sustentación. Finalmente, cuanto mayor sea la velocidad, mayor será la fuerza de propulsión generada. Comparando los parámetros de la técnica de natación crono-espacial del tiempo de estos autores en distancias cortas de nadadores jóvenes con los resultados de otros investigadores, se observó que obtener alta velocidad de nado depende del nivel de ratio/frecuencia de brazada y mantenerlo en un nivel relativamente estable (Alberty *et al.*, 2005; Potdevin *et al.*, 2006; Seifert *et al.*, 2007) y en aumento más alto y estable del nivel de longitud de brazada (Sidney *et al.*, 2001; Seifert *et al.*, 2007). El estudio de Morouço *et al.*,(2011) fue el primero en evaluar la potencia media de la fase de propulsión en tres pruebas en seco y asociar este parámetro con la producción de fuerza en el agua y el rendimiento de natación. Este estudio reveló asociaciones de moderadas a altas entre las variables de seco y de agua. El trabajo durante el salto de contramovimiento (CMJ) es un mejor estimador de la producción de fuerza en el

agua, que la altura. La potencia media en sentadillas está relacionada con la producción de fuerza de las piernas en el agua, y el press de banca y “Lat pull down back “o “Jalón “solo con las piernas atadas. Lat pull down back o Jalón es la prueba más asociada en seco con el rendimiento de natación.

El entrenamiento de fuerza en seco tiene como objetivo aumentar la potencia máxima a través de una sobrecarga de los músculos que se utilizan en la natación (Tanaka *et al.*, 1993) y puede mejorar la técnica de nado (Maglischo, 2003).

Si ambas cuestiones son acertadas, el aumento de la fuerza muscular podría mejorar el rendimiento en natación. Sin embargo, los resultados de los estudios no son concluyentes, como podemos observar en los estudios de Tanaka *et al.*, (1993), en el que el entrenamiento de fuerza en seco no mejoró el rendimiento de natación a pesar de que el grupo que combinaba entrenamiento en seco y agua fue capaz de aumentar la resistencia utilizada durante el entrenamiento de fuerza en un 25-35%. En el estudio de Trappe y Pearson (1994) el entrenamiento con máquinas no proporcionó una ventaja en comparación con el entrenamiento de peso libre, o una desventaja cuando se aplicó a la natación de nado crol. En otro estudio como en el de Girold *et al.*, (2007) tampoco se registraron cambios significativos en el grupo control. En resumen, los programas que combinan natación con fuerza en seco o con resistencia en el agua y ejercicios de sprint asistido generaron un aumento similar en el rendimiento de sprint y fueron más eficientes que los métodos tradicionales de entrenamiento de natación.

También, Garrido *et al.*, (2010) mostraron que la fuerza combinada y el entrenamiento de natación con finalidad aeróbica permiten desarrollos de fuerza en seco y mejoras en el rendimiento de natación. Pero, los datos principales no pueden indicar claramente que el entrenamiento de fuerza permitió una mejora en el rendimiento de natación, aunque se notó una tendencia a mejorar el rendimiento de velocidad debido al entrenamiento de fuerza.

1.3.6. Pliometría y salto vertical en seco

En diversos deportes, tanto individuales como colectivos, el salto vertical, dentro del rendimiento explosivo, es transcendental para la ejecución de diferentes

acciones dentro de su modalidad deportiva, ya sea un salto de altura, un rebote en baloncesto o un remate de cabeza en fútbol.

La repercusión del rendimiento en el salto vertical se debe a distintas razones:

- 1) Para tener éxito en diferentes modalidades deportivas es determinante la altura del salto.
- 2) Distintos patrones de saltos verticales han servido como modelos de estudio para examinar sus diversos fenómenos tanto para biomecánicos como para neuro-fisiólogos.

Esta cualidad (altura del salto) es aceptada por la comunidad científica como buen predictor de potencia muscular, por lo tanto, muchas de las variantes del mismo han sido utilizados como evaluaciones en diversos test estandarizados en el rendimiento (Bosco *et al.*, 1982; Vandewalle *et al.*, 1987; Driss *et al.*, 1998; Cunningham *et al.*, 2016).

- 3) Hatze (1998) describió el salto como una tarea multiarticular compleja en el que no solicita exclusivamente la producción de fuerza sino también una alta producción de potencia y coordinación. Varios autores destacan la importancia de ser capaz de desarrollar un nivel máximo de fuerza en la mejora del rendimiento en la explosividad del salto (Häkkinen *et al.*, 1985; Adams *et al.*, 1992; Schmidbleicher, 1992). Otro equipo de investigación, (Kraemer y Newton, 1994), plantean que son varios los factores que influyen en la altura del salto vertical, como por ejemplo, la fuerza máxima que puede exponer la musculatura, la velocidad en la que es aplicada esa fuerza y la coordinación neural del propio movimiento.

Hatze (1998), definió los diferentes grupos musculares implicados en el salto vertical (CMJ) en los que intervienen los músculos extensores de la cadera, rodilla y tobillo con una aportación aproximada del 49-28% y 23% respectivamente. Siendo la musculatura implicada con más relevancia en el rendimiento del salto

vertical la de la cadera. A excepción de la fuerza de la musculatura de la rodilla, que tiene una correlación mayor que su análogo en la cadera, no obstante la musculatura del glúteo mayor junto con los vastos, son los que más energía producen durante la acción máxima del salto vertical (Aragón Vargas y Gross, 1997).

Sáez de Villarreal *et al.*, (2009, 2010) plantean tras dos meta-análisis sobre mejora del rendimiento de la fuerza mediante uso del método de pliometría, que éste método de entrenamiento es óptimo para la mejora de la potencia muscular.

La pliometría se basa principalmente en el ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA), el cual se compone de tres fases:

- Primera fase: se produce simultáneamente un enérgico alargamiento del músculo y la contracción activa del mismo. En esta fase excéntrica inicial, el componente contráctil como hemos dicho está activo, y el elemento puramente elástico en serie y el componente elástico en paralelo están siendo alargados, y como resultado, se almacena energía elástica que puede ser liberada durante la fase concéntrica y ser usada en conjunción con la fuerza contráctil en esa fase (Sahrom *et al.*, 2013). El tamaño de la energía devuelta es proporcional a la fuerza aplicada así con rendimientos de energía informados de entre 65 y 85% en los tendones humanos (Bennett *et al.*, 1986; Pollock y Shadwick, 1994). La contribución del componente elástico en serie y el componente elástico en paralelo se minimiza si la posición de sentadilla se mantiene durante aproximadamente 4 segundos antes de la fase concéntrica (Wilson y Flanagan, 2008). Son varios los factores que pueden influir en la capacidad del músculo para almacenar y usar la energía elástica, algunos de ellos serían como hemos dicho anteriormente el tiempo entre fases, llamado tiempo de transición o cantidad de tiempo en el que ese estiramiento del músculo es sostenido, así como el grado de estiramiento, la velocidad del estiramiento, la magnitud de la carga,

posición de la articulación o la propia arquitectura del músculo.

- Segunda fase: Conocida como fase de amortiguación, en la que existe un espacio de tiempo en el que pasamos de fase excéntrica a fase concéntrica, pero en ese tiempo, la longitud del músculo no cambia. Esta fase juega un papel fundamental en el ciclo de estiramiento-acortamiento, ya que, como hemos visto anteriormente en el estudio de Wilson y Flanagan (2008) si ese tiempo es prolongado, la acumulación de energía resultante de la primera fase va desapareciendo y por lo tanto no será utilizada para un incremento en la producción de fuerza en la siguiente fase. Esa fase es la de contracción muscular o conocida como contracción concéntrica.
- Tercera fase: La fase concéntrica o fase de acortamiento combina la energía elástica acumulada en la fase anterior con la propia activación muscular voluntaria y refleja para desarrollar una enérgica contracción muscular.

Todos estos mecanismos dan acceso además a una mejora de la producción de fuerza por unidad de tiempo y la eficiencia de movimientos (Komi, 1986). Este tipo de entrenamientos (CEA) permite mejoras significativas simultáneamente en las características relacionadas con el tamaño de la fibra, la fuerza, la velocidad de contracción y la potencia (Laurent *et al.*, 2006). Se han propuesto cuatro mecanismos que explican el mayor trabajo positivo que puede realizar un músculo que ejecuta un CEA (López Calbet *et al.*, 1995):

- Primer mecanismo: denominado tiempo para el desarrollo de la fuerza, se asocia con el aumento de tiempo que tiene el músculo para estar completamente activado cuando se realiza un estiramiento previo. Por esta razón, un aumento en la tensión muscular al comienzo de la activación concéntrica mejorará el trabajo positivo que se puede realizar. Al realizarse este movimiento previo, se habrá comenzado el proceso de excitación de la fibra muscular por el Sistema Nervioso Central (SNC), estimulación y

contracción muscular (pre-tensado), con lo que la tensión al inicio de la contracción muscular estará potenciada (Komi, 1986; Enoka, 1996).

- Segundo mecanismo: se relaciona con el almacenamiento de energía en el tejido elástico durante la fase de elongación muscular y la posterior utilización durante la acción de acortamiento (fase concéntrica).
- Tercer mecanismo: conocido como potenciación de la fuerza, sugiere que la tensión que desarrollan los puentes cruzados se aumenta como consecuencia de realizar un movimiento de estiramiento previo a una acción muscular concéntrica.
- Cuarto mecanismo: está asociado con los reflejos de estiramiento (descarga de moto-neuronas alfa) evocados por la elongación activa muscular en el comienzo del CEA.

Es posible que esa ayuda sumatoria de la energía elástica se produzca incluso para el Squat Jump (SJ); pero cuando se empieza desde la posición de sentadilla en estático, la mayor parte de la energía elástica se disipa como energía en forma de calor y, por lo que, toda la fuerza relacionada con la consiguiente contracción concéntrica se otorga principalmente al componente contráctil. Estos factores que ocurren en la mayoría de los casos durante la ejecución de un SJ (con duración amplia) se piensa que es una de las razones principales por las que SJ es inferior al rendimiento de CMJ, es decir, la contribución tanto del componente elástico en serie como en paralelo son mínimos. (Sahrom *et al.*, 2013).

Cada uno de los componentes contribuye a la producción total de fuerza durante el ciclo de estiramiento acortamiento. Sin embargo, también se ha observado que las propiedades mecánicas de los componentes elásticos en serie y en paralelo no estaban relacionadas entre sí (Kubo *et al.*, 2001). Entre los 3 componentes, es probable que los principales contribuyentes de la fuerza de propulsión durante el ciclo de estiramiento acortamiento (SSC) estén más con el componente elastico en serie (SEC) y el CC debido a la respuesta de estos componentes a la deformación y

la capacidad de almacenar energía potencial. La capacidad sobre la aportación del componente elástico en paralelo (PEC) es a día de hoy cuestionable (Turner y Jeffreys, 2010).

Los materiales elásticos son capaces de absorber energía de modo que ésta se transforme cuando se deformen y muchos ejercen como mecanismos de acumuladores de energía en los sistemas mecánicos; por lo que, durante la ejecución de un salto vertical, el almacenamiento y la recuperación de energía elástica en el músculo y el tendón aportan entre un 25 y un 50% a la mejora de la actividad después de un gesto de contramovimiento (Kibele, 1999).

Se han mostrado anteriormente algunas diferencias entre los saltos con y sin contra-movimientos, y además de esta parece ser que otra de las diferencias (además de la elástica) es un mayor momento de fuerza en las articulaciones: mayor tensión (estado de actividad del músculo) y mayor fuerza aplicada cuando se hace el CMJ. Así es que no está claro que el almacenamiento y utilización de energía elástica sea el principal responsable. Al parecer, es necesario cierto impulso negativo (Aragón Vargas y Gross, 1997). Aunque un gran impulso negativo parece no estar asociado con la altura de salto, ya que se ha propuesto que la cantidad de energía acumulada no depende del trabajo negativo, sino de la fuerza aplicada al comenzar el empuje (Bobbert *et al.*, 1996; Van Ingen Schenau *et al.*, 1997).

Según los estudios de Van Ingen Schenau *et al.*, (1997) no indican una mejora de la estimulación durante el CMJ (Bobbert *et al.*, 1996). No hay alargamiento de los husos musculares y, por tanto, no se desencadenan los reflejos de estiramiento.

Las conclusiones de estos autores sobre que entrenar la “elasticidad” a través de entrenamientos de flexibilidad o estiramientos, en vez de hacer entrenamientos de fuerza son un error, ya que un aumento de la elasticidad no mejora el ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA) en movimientos discretos como el CMJ. Lo que sí parece bastante más importante para el rendimiento deportivo es el factor de índice de manifestación de fuerza (producción de fuerza por unidad de tiempo o fuerza explosiva) (Van Ingen Schenau *et al.*, 1997).

En revisiones de la literatura sobre metodologías para la mejora del rendimiento, son los ejercicios pliométricos, los que son defendidos como recurso ideal para la ganancia de potencia, para entrenar el aspecto excéntrico de la acción muscular y se plantean para acrecentar la relación entre fuerza máxima y potencia (Costello, 1984; Gemar, 1986; Gehri *et al.*, 1998; Holcomb *et al.*, 1998; Newton *et al.*, 1999; Luebbers *et al.*, 2003; Spurrs *et al.*, 2003; Ploeg *et al.*, 2010; Stojanović *et al.*, 2017). Los ejercicios pliométricos ahora se utilizan en todos los tipos de deportes y en diferentes niveles de atletas para aumentar la fuerza y la capacidad de explosividad (Ploeg *et al.*, 2010).

Tanto entrenadores como atletas, emplean en sus rutinas de entrenamiento, ejercicios pliométricos desde que se conoce que la activación muscular concéntrica inmediatamente seguida a la excéntrica es considerablemente más fuerte que si no hay fase excéntrica (Wilt, 1978). La fase más importante en la acción pliométrica es la fase de amortiguación o segunda fase, ya que cuanto menos tiempo de apoyo exista durante el contacto, más efectivo será el salto posterior (Chu, 1983; Lundin, 1985). En ese sentido, la importancia de las características de rigidez del complejo músculo-tendón en el rendimiento del ejercicio de ciclo estiramiento acortamiento (SSC) se ha destacado especialmente en la literatura científica (Markovic y Mikulic, 2010). De hecho, muchos autores han sugerido que un complejo músculo-tendón rígido es óptimo para el desempeño de las actividades de SSC, ya que permite una transmisión rápida y más eficiente de la fuerza muscular al esqueleto y, en consecuencia, mayores tasas de desarrollo de fuerza (Aura y Komi, 1986; Komi, 1986).

Varios estudios demostraron que el entrenamiento pliométrico puede contribuir a mejorar el rendimiento del salto vertical, la fuerza y potencia muscular, y la velocidad, agilidad, aumentar la conciencia articular y la propiocepción en general (Bobbert *et al.*, 1996; Hewett *et al.*, 1996; Diallo *et al.*, 2001; Harrison y Gaffney, 2001; Myer *et al.*, 2006; Stemm y Jacobson, 2007; Sáez de Villarreal *et al.*, 2009; Ramírez Campillo *et al.*, 2013; Ramírez Campillo *et al.*, 2014; Chaabene *et al.*, 2017), revisiones sistemáticas y meta-análisis (Markovic y Mikulic, 2010; Bedoya *et al.*, 2015; Asadi *et al.*, 2016) para sujetos no entrenados/familiarizados con el entrenamiento polimétrico (Keohane, 1977; Fatouros *et al.*, 2000; Witzke y Snow

2000; Diallo *et al.*, 2001; Luebbers *et al.*, 2003; Siegler *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003) como entrenados/familiarizados con el entrenamiento pliométrico (Bosco *et al.*, 1982; Clutch *et al.*, 1983; Newton *et al.*, 1999; Maffiuletti *et al.*, 2002).

Este tipo de entrenamientos tienen unos beneficios como la mejora en la potencia muscular o la fuerza muscular (Bobbert *et al.*, 1996; Hewett *et al.*, 1996; Wilson *et al.*, 1996; Wagner y Kocak, 1997; Driss *et al.*, 1998; Potteiger *et al.*, 1999; Matavulj *et al.*, 2001; Wilkerson *et al.*, 2004), coordinación muscular y aceleración (Gambetta, 1978) estabilidad y funcionalidad articular (Hewett *et al.*, 1996; Chimera *et al.*, 2004; Wilkerson *et al.*, 2004), reducción de lesiones graves de rodilla (Hewett *et al.*, 1996; Heidt *et al.*, 2000) y economía de carrera (Turner *et al.*, 2003).

Por otro lado, diversos estudios que han empleado métodos con ejercicios pliométricos hallan mejoras significativas en el salto vertical (Häkkinen *et al.*, 1985; Brown, 1986; Fry *et al.*, 1991; Hewett *et al.*, 1996; Wilson *et al.*, 1996; Wagner y Kocak, 1997; Newton *et al.*, 1999; Potteiger *et al.*, 1999; Matavulj *et al.*, 2001; Hammett y Hey, 2003; Luebbers *et al.*, 2003; Markovic, 2007; Moran, 2017). Estas mejoras en el salto vertical se han asociado a una mejora de la potencia (Newton *et al.*, 1999), así como a un incremento del tamaño de las fibras musculares (Potteiger *et al.*, 1999). Dichas mejoras son atribuibles a la mejora del reflejo de estiramiento, al aumento de la carga excéntrica en valor relativo y absoluto y al carácter explosivo del trabajo pliométrico (Newton *et al.*, 1999).

Este tipo de entrenamientos, además de los ya mencionados, pueden ofrecer un componente motivador, puesto que contienen la variedad necesaria para que los deportistas tengan interés y entusiasmo (Clutch *et al.*, 1983) así como una simplicidad en su realización que hace posible su práctica fuera de la sala de pesas, sin material y sin necesidad de una vigilancia constante del entrenador.

Otra de las variables importantes a controlar es la técnica de salto, realizarla bien o mal puede determinar el rendimiento de la capacidad de salto, así como instruir al deportista a minimizar el tiempo de contacto con el suelo, aunque se preocupe que salte lo máximo que pueda. Para ello, el feedback que le demos al deportista,

dándole instrucciones en cada salto sobre su altura y su tiempo de contacto con el suelo puede ayudar a lograr esto (Young *et al.*, 1995).

También existen documentación sobre las distintas técnicas de ejecución del salto CMJ y los efectos de las instrucciones (Bobbert *et al.*, 1986; Bobbert *et al.*, 1987). Un tipo u otro de técnica a la hora de realizar el salto podía influir sobre el objetivo del entrenamiento. Sin embargo los autores no son precisos describiendo exactamente el cómo ejecutan los saltos los sujetos (Clutch *et al.*, 1983; Ford Jr *et al.*, 1983). Por lo que , como ha sido mostrado los sujetos pueden elegir diferentes técnicas desde un punto de vista biomecánico (Bobbert *et al.*, 1986).

Según Bobbert (1990), se pierde toda la efectividad en la acción del salto si su técnica no tiene una producción mecánica de la musculatura adecuada, por lo que si en cada salto el movimiento no es el adecuado, como hemos dicho, perderá eficiencia. Sin embargo, una técnica correcta se corresponderá con una serie de beneficios como una disminución en la distancia para reducir la velocidad vertical a cero o una disminución del tiempo de amortización. Aclarar la relación de la distancia y el tiempo, aunque sean independientes, puesto que los sujetos son capaces de minimizar la distancia y todavía hacer una parada suficientemente duradera para disipar la energía elástica acumulada. También pueden reducir el tiempo entre el estiramiento y la contracción. Sin embargo, si éstos incrementan la distancia, producirá una pérdida de energía elástica. Blakey y Southard (1987) concluyen que para confirmar que el estiramiento muscular sea excelente, los deportistas deberían ser educados a mantener la distancia al mínimo o ejecutar el salto vertical lo más rápido que puedan después del contacto con el suelo.

1.3.7. Salto vertical en agua

El entrenamiento pliométrico de base acuática, aunque no es un concepto nuevo, se ha vuelto más popular en la última década (Miller *et al.*, 2001; Miller *et al.*, 2002; Robinson *et al.*, 2004; Martel *et al.*, 2005; Miller *et al.*, 2007; Shaffer 2007; Stemm y Jacobson, 2007). Los ejercicios pliométricos de base acuática tienen el potencial de disminuir las fuerzas de impacto en comparación con el entrenamiento pliométrico basado en tierra. La disminución de la fuerza de impacto distribuida se debe en gran medida a las propiedades del agua en relación con la densidad del fluido y la

flotabilidad (Miller *et al.*, 2002). El agua es aproximadamente 800 veces más densa que el aire y proporciona flotabilidad y resistencia al movimiento (Pohl y Mcnaughton, 2003; Dale, 2007). Debido a los principios de flotabilidad, el agua actúa como una fuerza opuesta a la gravedad, proporcionando soporte para el cuerpo del atleta a medida que se mueve hacia abajo mientras se resiste al movimiento en el movimiento ascendente (Miller *et al.*, 2001). Por lo tanto, la flotabilidad del agua reduce las fuerzas sobre el sistema musculoesquelético durante el impacto, disminuyendo así el riesgo de lesiones como tendinitis, fracturas por estrés y otras lesiones por uso excesivo (Irvin y Johnson 2000). Por el contrario, la resistencia causada por la viscosidad y el arrastre aumenta la carga de trabajo de los músculos durante la fase concéntrica, lo que resulta en el potencial de mayores ganancias de fuerza (Housle, 2006).

Una habilidad técnica fundamental en muchos deportes es el rendimiento del salto vertical. Por supuesto, en el deporte de waterpolo, es fundamental. Los jugadores tienen a menudo que desplazarse de manera vertical en el agua, bien para realizar un bloqueo de lanzamiento, interceptar un pase o realizar un buen lanzamiento a portería (como hemos visto en capítulos anteriores la importancia de este factor clave). En el deporte del waterpolo podemos decir que hay dos aptitudes destacadas para subir el cuerpo en el agua. Una de ellas es el impulso, donde para ganar altura, el jugador realiza un salto explosivo, y la segunda sería mantener una posición del cuerpo emergida en el agua.

En waterpolo se considera una posición de base a aquella en la que el jugador permanece metido hasta la altura de los hombros y se apoya en el agua realizando movimientos cíclicos cortos y equilibrados de las manos conectados con los movimientos de rotación de las piernas (batido de piernas) que producen fuerzas ascendentes. Este batido de piernas es un aspecto fundamental de la técnica en waterpolo, (sobre todo para aguantar una posición vertical en el agua), siendo analizada por varios investigadores (Davis y Blanksby, 1977; Elliott y Armour, 1988).

Ese batido es un trabajo cíclico de las piernas del jugador, en el cual las rodillas van sucediendo de manera semejante e igual diferentes fases de movimientos, tanto de izquierda a derecha como a viceversa. El jugador emplea el impulso del batido de piernas para originar fuerza con el fin de obtener la mayor altura posible, finalizando con una patada rectificadora controlando la caída con un movimiento de las piernas hacia abajo y atrás. El impulso es una habilidad que se incluye habitualmente en la rutina de entrenamiento diario, aunque la carga de trabajo no es idéntica para todos los jugadores, puesto que son los porteros los que más los entrenan de forma específica al estar tan íntimamente asociados a sus gestos y éxito competitivo.

En la actualidad escasean variedades de test fiables y eficaces para evaluar las mediciones de este tipo de actuaciones. Sanders (1999) utilizó un sistema de análisis biomecánico tridimensional a través del uso de cámaras con el fin de evaluar las variables cinemáticas implicadas en la ganancia de altura en los saltos. Sin embargo, ese tipo de infraestructuras son difícilmente accesibles o disponibles. Por otro lado, Platanou (2005) elaboró un estudio comparativo en el que se analizaban tanto el salto vertical en seco como en agua, empleando un test (Platanou y Geladas, 2006) compuesto por una tabla delimitada en centímetros situada justo encima del agua sustentada con un enganche desde el borde del vaso de la piscina, grabando desde un plano frontal la acción motriz con una cámara de video. Los hallazgos de dicho estudio reflejaron que las mejores obtenidas fueron muy pobres, en la misma línea que lo reflejado por (Sanders, 1999), justificando que estaba más relacionado con la habilidad del sujeto en realizar la acción del salto que en el desarrollo de la potencia propiamente dicha.

1.4 Relación entre las evaluaciones de fuerza/potencia en seco con el rendimiento en natación

El objetivo final de un nadador de competición es llegar lo antes posible en una determinada distancia. Por lo tanto, si disminuye la distancia, disminuye el número de brazadas. Según Toussaint y Leopold (2007) , para una distancia más corta, la

fuerza es uno de los principales factores que influye en la mejora de la velocidad de nado. En otros estudios, se relaciona el papel de la fuerza y la técnica, se concluye que a menor distancia más importancia cobra la fuerza (Wilke *et al.*, 1986; Morouço *et al.*, 2011) Este efecto fue enfatizado hace mucho tiempo por Miyashita (1975), al relacionar la velocidad máxima brazada con la fuerza de brazos, tanto en nadadores masculinos y femeninos como en nadadores sin experiencia. Se concluye que la fuerza de propulsión, medida en este estudio, ofrece una evaluación objetiva de un componente esencial para el éxito en la natación de corta distancia. Las correlaciones significativas de los parámetros de natación atados obtenidos en una prueba de 30 s. y el rendimiento en natación sugieren que, para mejorar el rendimiento de natación, el nadador debería mejorar la producción de fuerza de brazada.

La evaluación en seco de la fuerza y la potencia se ha realizado a lo largo de las últimas décadas a través de test de fuerza isocinética e isométrica (Garrido *et al.*, 2010; Morouço *et al.*, 2011). La razón de este tipo de evaluación en seco de la fuerza se sustenta en la utilidad observada a través de distintos estudios, que concluyen que ésta ayuda a entender cuánto se basa el rendimiento de natación en estos parámetros, a la vez que contribuyen a la mejora de los programas de entrenamiento. En uno de los estudios pioneros, Sharp *et al.*, (1982) evaluaron 22 nadadoras y 18 nadadores, y afirmaron que la potencia muscular del brazo determinada en un banco de natación biocinético está altamente relacionada con la velocidad de nado en 25 metros en el estilo crol ($r = 0.90$). Estos resultados fueron corroborados por los experimentos en un cicloergómetro (sólo con los brazos). Hawley y Williams (1991) evaluaron la potencia anaeróbica en el tren superior de 30 nadadores por grupos de edad (14 nadadores y 16 nadadoras), presentando correlaciones moderadas-altas en potencia pico, la potencia media y el índice de fatiga en la prueba de velocidad de los 50 metros nado ($r = 0.82$, $r = 0.83$, $r = 0.41$, respectivamente). Adicionalmente, el mismo grupo de investigación (Hawley *et al.*, 1992) indicó que los índices de potencia para las piernas no aumentaron la estimación de 50 metros en el rendimiento del nado, y en los brazos sí que la potencia fue importante en las pruebas de natación más largas (400 m). Otros

estudios apoyan estas relaciones (Rohrs *et al.*, 1990; Johnson *et al.*, 1993; Strzala y Tyka, 2009; Garrido *et al.*, 2010).

Pérez Olea *et al.*, (2018) muestran la validez del análisis de la mecánica pull-up y 50m. libres para predecir el rendimiento de natación de corta distancia en nadadores entrenados, lo que confirma la importancia de la fuerza de las extremidades superiores y los pies en este deporte. Sin embargo, la validez de las correlaciones parece ser engañosa en los estudios anteriormente mencionados mediante el uso de muestras heterogéneas en edad, sexo y posiblemente la maduración. Conclusiones dudosas de los grupos heterogéneos de natación han sido reconocidos (Costill, 1983; Rohrs *et al.*, 1990).

Por otro lado, es muy común el uso del banco de nado biocinético o cicloergómetro de brazos, aunque este tipo de dispositivos no valoran el tren inferior ni el balanceo del cuerpo y su importancia para la coordinación del mismo. Los resultados favorables que influyen en la economía de nado a través de diferentes mecanismos (por ejemplo, mejora de la potenciación refleja, alteraciones de los sinergistas) pueden ser provocados por el entrenamiento de fuerza en seco (Aspenes *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de que el entrenamiento en seco es una practica muy popular y extendida en la natación, hay aún poca evidencia científica (Aspenes *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2010). De hecho, son pocos los estudios que han determinado las relaciones entre los parámetros de fuerza y el entrenamiento de fuerza (por ejemplo, el press de banca) y el rendimiento en el nado.

Johnson *et al.*, (1993) evaluaron una repetición máxima de press de banca de 29 nadadores, con edades comprendidas entre los 14-22 años, y la velocidad de nado en 25 metros (que van desde 1,72 hasta 2,31 ms⁻¹). Los hallazgos de ambos autores coinciden en sugerir que esta medida de fuerza en seco no contribuyó significativamente a la predicción de la velocidad de sprint. Debe tenerse en cuenta las edades y tomarse en consideración, especialmente a que dentro de este rango se producen cambios significativos en el somatotipo. Evaluando a un grupo más homogéneo, Garrido *et al.*, (2010) hallaron una correlación moderada pero significativa entre 6 repeticiones máximas de press de banca y el rendimiento en

natación (ambos tiempos de nado en 25 m y 50 m; $\rho = -0.58$, $p < 0.01$) con jóvenes nadadores de competición. Más allá del press de banca, los únicos autores que evaluaron parámetros de fuerza utilizando un repertorio más amplio de ejercicios fueron Crowe *et al.*, (1999). Este autor, en un esfuerzo por identificar los componentes que contribuyen a la máxima velocidad de natación, examinó las relaciones entre (1) fuerza muscular y potencia en seco, (2) fuerza muscular y potencia de nado, y (3) fuerza muscular y rendimiento competitivo de natación en 65 nadadores. Las medidas de fuerza incluyeron una repetición máxima (1RM) de tres ejercicios: press de banca, lat pull down y press de tríceps. La potencia en seco se evaluó a través de un lanzamiento de pecho sentado y un lanzamiento con dos brazos en posición supina para distancia utilizando una pelota medicinal de 6 libras. La potencia nado se midió a través de un esfuerzo máximo de 30 segundos de nado estilo libre atado. La velocidad de natación competitiva en los estilos libre de 50 m y 100 m se usó como una medida del rendimiento de natación. Para el grupo, todas las correlaciones simples fueron significativas ($p < 0.05$). Los datos de las mujeres indicaron que las tres medidas de fuerza estaban significativamente relacionadas con la potencia en seco y en natación. Sin embargo, solo el 1RM se correlacionó con el rendimiento de nado ($r = .643$, $p < 0.05$). Para los hombres, la fuerza muscular se relacionó significativamente con la potencia en seco y la fuerza de natación, pero no con el rendimiento de natación. El análisis de regresión múltiple reveló relaciones significativas para todas las variables de potencia y rendimiento ($p < 0.001$) con medidas de fuerza. En conclusión, la fuerza muscular parece jugar un papel importante en la determinación de la velocidad máxima de natación.

El estudio evaluó la 1RM en press de banca, máquina de polea y tríceps en polea, en dos grupos de nadadores masculinos y femeninos. Aunque se obtuvieron relaciones significativas entre los 3 ejercicios y las fuerzas de natación medidos, la correlación significativa con el rendimiento en natación sólo se verificó en la máquina de polea para el grupo de nadadoras ($r = 0.64$, $p < 0,05$).

Los estudios antes mencionados sólo evalúan la carga máxima que los nadadores pueden lograr en la 1RM, lo cual está más relacionado con la fuerza máxima que con la fuerza explosiva o la fuerza útil a la que hacíamos mención anteriormente.

González Badillo y Sánchez Medina, (2010) examinaron la posibilidad de utilizar la velocidad de movimiento como un indicador de carga relativa en el ejercicio de press de banca (BP). Se observó una relación muy estrecha entre la velocidad de propulsión media (MPV) y la carga (% 1RM) ($R_2 = 0.98$). La velocidad media alcanzada con 1RM fue de $0.16 \pm 0.04 \text{ m} \cdot \text{s}$ y se encontró que influía en el MPV alcanzado con cada %1RM. A pesar de un aumento promedio de 9,3% en 1RM de primer test (T1) a segundo test (T2), el MPV para cada %1RM se mantuvo estable. La estabilidad en la relación carga-velocidad también se confirmó independientemente de la fuerza relativa individual. Estos resultados confirman una relación inextricable entre la carga relativa y el MPV en la BP que permite:

1) evaluar la potencia máxima sin la necesidad de realizar una prueba de 1RM, o la prueba del número máximo de repeticiones hasta la falla (XRM); 2) determinar el %1RM que se utiliza tan pronto como se realiza la primera repetición con cualquier carga dada; 3) prescribir y controlar la carga de entrenamiento de acuerdo con la velocidad, en lugar de porcentajes de 1RM o XRM.”

Con el fin de superar estas limitaciones, Domínguez-Castells y Arellano (2011) utilizaron un codificador lineal de velocidad lineal midiendo la potencia desarrollada en el press de banca por medio de repeticiones a máxima velocidad. Varios autores (Shimonagata, *et al.*, 2002; Swaine y Doyle, 2000) encontraron una relación moderada entre la potencia máxima en el press de banca y la potencia de nado ($r = 0.88$ y $r=0.92$).

En el estudio de Dominguez-Castells y Arellano, (2011), se encontraron una moderada relación de $r=0.538$ ($p<0.05$), fue hallada entre la potencia del press de banca y la potencia de nado y hubo una alta correlación entre la potencia de nado y velocidad de sprint $r=0.762$, $p<0.01$). Además, la potencia de nado (SP) máximo se relacionó con v_{25m} ($r=0.727$, $p<0.01$) pero, sorprendentemente, la correlación fue un poco mayor cuando se usaron valores absolutos de potencia ($r=0.762$, $p<0.01$).

En los estudios de Ramos-Veliz *et al.*, (2014) encontraron resultados que concuerdan con aquellos estudios que muestran que un programa combinado de fuerza y alta intensidad puede aumentar significativamente el rendimiento de sprint de natación (2.25%) y la fuerza muscular correlacionada moderada pero significativamente con la velocidad de nado ($r = -0.55$). En otro estudio más

reciente, Keiner *et al.*, (2015) mostró que los parámetros de fuerza máxima de las extremidades superiores e inferiores y la fuerza máxima del tronco son buenos predictores del rendimiento en la natación de velocidad en deportistas adolescentes entrenados en diferentes disciplinas. Para determinar la fuerza máxima se utilizaron los ejercicios de sentadilla, peso muerto, remo y abdominales (back squat, dead lift, bent-over row y sit-up). El salto en sentadillas (SJ) y el salto en contramovimiento (CMJ) se evaluaron para determinar el rendimiento de fuerza-velocidad. Se midieron rendimientos de natación de 15 a 100 metros en estilo libre, braza y espalda en una piscina cubierta de 25 m.

Como resumen, podemos decir que los resultados de los estudios se manifiestan contradictorios, y parece ser que señalan una asociación de la fuerza en seco y un rendimiento en el nado incierto.

De cara a obtener una información más consistente, se hacen necesarios nuevos estudios en el futuro que aúnen las siguientes características: a) evaluar los grupos homogéneos de sujetos, b) evaluar los parámetros de fuerza / potencia en más ejercicios de fuerza con sollicitaciones musculares similares a los movimientos de la natación, y c) estudiar los parámetros más apropiados para explicar la variación en la velocidad de nado (como la 1RM o la velocidad de desplazamiento). Del mismo modo son interesantes otros enfoques que puedan dilucidar la función de la fuerza y la potencia en el rendimiento en natación.

1.5 Efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento en natación

Muchos deportes dependen en gran medida de la fuerza muscular y la mejora aeróbica, especialmente a nivel de competición (Leveritt *et al.*, 1999) Tener un nivel óptimo de fuerza y potencia es necesario para un rendimiento exitoso en la natación (Newton *et al.*, 2002; Pelot *et al.*, 2012; Mujika y Crowley, 2019), ya que depende de optimizar al máximo la capacidad para generar fuerzas de propulsión y minimizar la resistencia ofrecida por el medio acuático (Vilas-Boas *et al.*, 2011)

Por lo tanto, los programas de entrenamiento de fuerza son una práctica común en la intervención y acondicionamiento físico de nadadores (Aspenes *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2010) incluso si en la literatura especializada no están muy claro que estos tengan efectos beneficiosos (Tanaka *et al.*, 1993; Trappe y Pearson, 1994; Girolid *et al.*, 2007).

No se debe percibir que el programa del entrenamiento en seco tiene el potencial de producir una hipertrofia muscular excesiva. Los entrenadores de natación creen que los cambios en la forma del cuerpo aumentarán la fuerza de arrastre y esto será perjudicial para el rendimiento de natación. Esta afirmación no ha sido apoyada o refutada por la investigación científica, pero una prioridad del programa de fortalecimiento y acondicionamiento es trabajar en armonía con los entrenadores, y sus opiniones se toman en consideración (Newton *et al.*, 2002).

Por lo tanto, con todo esto, podemos reflexionar y sacar en consecuencia varias conclusiones. Dentro de un programa de entrenamiento de fuerza son muchos los factores a tener en cuenta, pero sin duda, uno de los factores clave es la mejora de la potencia (Toussaint y Leopold, 2007). Y los ejercicios seleccionados para ello deben ser coherentes con esos movimientos (Maglischo, 2003).

Con el fin de conocer con mayor profundidad el efecto de los programas de entrenamiento en la mejora del rendimiento en el nado, se han realizado distintos estudios. Strass,(1988) evaluó a un grupo de nadadores adultos (n= 10), detectando mejoras de un 20-40% de la fuerza muscular tras un programa de fuerza con pesas. Dichas mejoras implicaron un aumento significativo de 4,4 a 2,1% en el rendimiento de las distancias de 25 m. y 50 m. estilo libre respectivamente. En contraste con dichos resultados Tanaka *et al.*, (1993) evaluaron si la fuerza adquirida en seco podría ser transferida de manera positiva a la fuerza de propulsión utilizada durante el nado, ya que la especificidad del gesto deportivo y el entrenamiento parece diferir. A lo largo de una intervención de 8 semanas con 3 sesiones semanales, empleando tanto peso libre como máquinas con poleas, éstos autores hallaron que, pese a que la fuerza muscular aumentó en torno al 25 a 35%, no hubo una mejora en el rendimiento de nado,

coincidiendo a su vez con lo observado por Trappe y Pearson (1994). La inconsistencia en los resultados obtenidos da relevancia a los requerimientos indicados anteriormente que deben ser satisfechos por futuras investigaciones, de forma que pueda determinarse con certeza la cantidad de mejora de la fuerza muscular requerida con el fin de mejorar el rendimiento en la velocidad de nado.

Dicha problemática reflejada en los estudios mencionados anteriormente, se sigue reflejando en los estudios más actuales: bien por las franjas de edad en las que se mezclaban pre-adolescentes con jóvenes, por el reducido número de sujetos participantes en los estudios o por el nivel competitivo o no de los sujetos así como la homogeneidad en relación al mismo en los grupos, los estudios adolecen de la consistencia mínima requerida para fundamentar a partir de los mismos las directrices de intervención en nadadores de élite, aunque sugieren en todo caso que la combinación del entrenamiento de fuerza en seco y agua da lugar a mejores marcas que el trabajo restringido en exclusividad al medio acuático, en pruebas de 25, 50 y 400m. (Girolid *et al.*, 2007; Aspenes *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2010; Sawdon-Bea y Benson, 2015).

Por otro lado, es preciso destacar la influencia que las fases subacuáticas, de deslizamiento o viraje, tienen sobre la marca obtenida, por lo que deberían considerarse a la hora de evaluar el rendimiento en natación.

En síntesis, puede concluirse que el empleo del entrenamiento de fuerza en seco puede mejorar los resultados en las pruebas de nado de corta distancia, aunque queda patente que hacen falta estudios más consistentes que ayuden a determinar con exactitud el volumen, intensidad y modalidad de ejercicio que han de caracterizar las intervenciones llevadas a cabo, contemplando a su vez la edad, sexo y estilo de nado de cada sujeto de estudio. Adicionalmente, debería contemplarse la velocidad de movimiento, puesto que el control de ésta podría contribuir a la mejora de la especificidad de los ejercicios realizados y, consecuentemente, la efectividad de la intervención.

(González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Muniz-Pardos *et al.*, 2019).

1.6 Trabajo isoinercial y jóvenes.

Naczki *et al.*, (2017) muestra que las mejoras en la fuerza muscular y la potencia observadas en el entrenamiento inercial (12,8% de incremento en la fuerza muscular y 14,2% en el incremento de la potencia muscular) pueden influir positivamente en el rendimiento de natación. Es posible que los entrenamientos inerciales ofrezcan mayores beneficios que el entrenamiento de fuerza tradicional en la práctica de natación, pero se necesitan estudios futuros que evalúen esta hipótesis. Esta sugerencia es consistente con la del estudio de Onambélé *et al.*, (2008) donde un entrenamiento inercial produjo un mayor aumento en la potencia máxima que el entrenamiento con pesas. Dicha mejora de la potencia muscular puede ser el resultado de una mayor estimulación muscular durante el entrenamiento de inercia vs. peso (Norrbray *et al.*, 2008; Norrbry *et al.*, 2011). Dichos resultados coinciden, según el estudio de Naczki *et al.*, (2017) en una mejora en las marcas de nado con un período de intervención relativamente corto (una mejora en 100m. -1,83%, frente al -0,17% del grupo control y -0,76% de mejora en el grupo de entrenamiento inercial frente a una mejora trivial de -0,08% del grupo control en tan sólo cuatro semanas de entrenamiento).

Dicha transferencia obtenida a través del trabajo inercial podría deberse a la mayor especificidad del patrón de movimiento en la máquina inercial con respecto al gesto del nado. Esta hipótesis es respaldada por Fleck *et al.*, (2014) quienes establecieron que el programa de entrenamiento de fuerza debe incluir los tipos de acciones musculares que se encuentran en esa actividad deportiva. Del mismo modo, Young (2006) determinó que el entrenamiento debe ser lo más específico posible para maximizar la transferencia a habilidades deportivas específicas, especialmente con respecto al patrón de movimiento. Además, Bryon (2002) encontró que los efectos son mayores cuando los nadadores siguen un programa de ejercicios que replica sus acciones en el agua lo más parecido posible. Además, Wilson *et al.*, (1996) destacaron que las actividades de entrenamiento de la fuerza que se llevan a cabo en una postura similar a la del deporte específico tienden a conducir a la mayor mejoría.

Correlacionado con los tiempos de natación (S100 y S50), estos resultados sugieren que la fuerza muscular y la potencia alcanzada con el trabajo de fuerza

inercial están relacionadas con el rendimiento de natación sprint. Es consistente con Morais *et al.*, (2017) quien afirmó que los parámetros de rendimiento de fuerza y potencia juegan un papel mediador y significativo en el desempeño de los jóvenes nadadores.

Además, Garrido *et al.*, (2010) en su estudio revelaron una asociación significativa de press de banca, ejercicios de extensión de pierna y pruebas de potencia de lanzamiento con el rendimiento de natación en velocidad con nadadores jóvenes de competición.

También Morouço *et al.*, (2011) asociaron en sus resultados la potencia con la velocidad en nadadoras de nivel nacional de 15 años. Estos autores demostraron que, entre los resultados de las pruebas de seco (press de banca, remo horizontal) y los valores de fuerza obtenidos durante la prueba de natación de 30s, se produjo una correlación significativa.

Estos resultados sugieren que el “entrenamiento inercial” puede ser útil en la práctica de natación.

CAPÍTULO II:

PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

CAPITULO 2: PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Formulación del problema:

Con nuestro estudio de investigación, intentamos demostrar si jugadores jóvenes élite de Waterpolo masculino podrían mejorar variables determinantes del rendimiento como la velocidad de lanzamiento, velocidad de nado, la capacidad de salto y la fuerza muscular en el tren superior e inferior a través de 5 diferentes metodologías de entrenamiento de la fuerza. Una vez analizada la bibliografía, se puede deducir que la situación problemática existe y que se dan las condiciones necesarias para justificar la formulación de uno o varios problemas relevantes de investigación. Las consideraciones pertinentes podrían ser las que se indican a continuación. La problemática general nos la planteamos en un estudio.

2.2 Problemas

A causa de la creciente profesionalización del deporte, el aumento de las competiciones y sus niveles físico-técnicos, el entrenamiento de fuerza obtiene un carácter primordial para el mantenimiento óptimo de los niveles de fuerza durante toda la temporada en el waterpolo.

Aunque es cierto que la propia práctica del deporte del waterpolo mejora mucho estos factores, para tener un nivel de élite es imprescindible trabajar de forma complementaria las distintas capacidades específicas de la disciplina. En relación a la fuerza específica podemos destacar los esfuerzos intermitentes, la velocidad, los lanzamientos, los cambios de dirección y por supuesto la fuerza y potencia.

Distintos autores (Chelly *et al.*, 2010; McCluskey *et al.*, 2010; Ferragut *et al.*, 2011; Medica, 2017;) nos indican que el entrenamiento de fuerza en niños y jóvenes ha sufrido tradicionalmente un mal tratamiento como consecuencia de una falta de conocimientos profundos acerca de: el perfil motor de los distintos deportes, los principios metodológicos, los medios modernos del entrenamiento de la fuerza y la propia biología de niños y jóvenes. Es por ello, por lo que las investigaciones actuales centran su atención en la elaboración del método óptimo del

entrenamiento de fuerza para la mejora del rendimiento. Aunque aún no existe consenso en cuanto a un diseño ideal de programas de entrenamiento de fuerza.

Estos mismos autores relacionan un aumento de la fuerza y potencia (conjunto una técnica adecuada y sinergias corporales) con la mejora del rendimiento en lanzamiento en waterpolo, la velocidad de nado y el salto vertical, factores determinantes en este deporte (McCluskey *et al.*, 2010; Ferragut *et al.*, 2011; Medica, 2017; Hermassi *et al.*, 2011; Sáez de Villarreal *et al.*, 2014; Chelly *et al.*, 2010). Para la mejora de estos factores determinantes, se ha comprobado que una mejora en la fuerza del tren inferior aumenta el rendimiento en dichas capacidades. Por lo que un programa para la mejora de fuerza y potencia es necesario tanto en el tren superior como inferior.

La siguiente cuestión que nos planteamos es el método de entrenamiento a emplear. Parece ser que la información sobre los métodos de entrenamiento para el aumento de las capacidades determinantes del rendimiento en waterpolo es algo limitada, y la que hay, es estudiada en deportes como béisbol o balonmano (Fleck *et al.*, 1992; McEvoy y Newton, 1998).

Tanto en el waterpolo como en la natación, existen distintos estudios y revisiones sobre diferentes métodos de entrenamiento y acondicionamiento orientados al desarrollo de las habilidades físicas (Bloomfield *et al.*, 1990; Tanaka *et al.*, 1993; Pichon *et al.*, 1995; Crowley *et al.*, 2017; Crowley *et al.*, 2018; Jones *et al.*, 2018).

En estos programas, para que sean eficientes deben ser orientados cada uno de forma específica según prueba (Stewart y Hopkins, 2000, Loturco *et al.*, 2016) e intensidad (Strass, 1988; Behm y Sale, 1993; Mujika *et al.*, 1995; Aspenes y Karlsen, 2012).

En el deporte del waterpolo se ha seguido la estrategia de entrenamiento en seco y enteramiento en agua para el desarrollo de las capacidades físicas en los jugadores. Los efectos de mejora en un entrenamiento en seco dirigido a los miembros superiores están ampliamente respaldados en la literatura científica. Algunos ejemplos como las ganancias inducidas del entrenamiento de la fuerza en el rendimiento en velocistas y waterpolistas las sitúan entre un 1,3% y 4,4% (Strass,

1988; Pichon *et al.*, 1995; Newton *et al.*, 2002; Girolld *et al.*, 2007; Garrido *et al.*, 2010; Ramos-Veliz *et al.*, 2014; Sáez de Villarreal *et al.*, 2014)).

Todo ello nos hace pensar que las mejoras de las capacidades determinantes (mencionadas anteriormente) del rendimiento de los jugadores jóvenes de waterpolo podrían ser llevadas a cabo con un programa óptimo de fuerza tanto en seco como en agua. La cuestión que nos planteamos es cual sería el método más recomendado para obtener dichos beneficios.

Realizar un programa de fuerza adecuado implica tener en cuenta factores biomecánicos y factores fisiológicos propios del deportista y del deporte que éste realiza, para que haya una óptima transferencia del programa de fuerza y por ende en el rendimiento deportivo, se debe llevar a cabo una selección de ejercicios con el perfil de actividad que requiere dicho deporte (Ford Jr *et al.*, 1983; Rimmer y Sleivert, 2000; Carvalho *et al.*, 2014; Sáez de Villarreal *et al.*, 2014).

En base a todos estos argumentos, podríamos intuir que participar en un programa de entrenamiento de fuerza específica y combinada en waterpolo aumentaría las diferentes capacidades determinantes y por consiguiente el rendimiento en jugadores de waterpolo.

Por otro lado, según la literatura científica, los entrenamientos de carga excéntrica tienen mayores y mejores efectos positivos en cuanto a la ganancia de fuerza que los entrenamientos tradicionales (Roig *et al.*, 2009; Douglas *et al.*, 2017). Estas mejoras se le atribuyen sobre todo a las mejoras específicas de los patrones neuronales, aunque son necesarias más y mejores investigaciones para conocer con exactitud la verdadera causa de esta gran mejora (Roig *et al.*, 2008, Douglas *et al.*, 2017) .

Estudios recientes como los de Maeo *et al.*, (2018) llegan a la conclusión de que el entrenamiento excéntrico provoca mayores cambios neuromusculares que el entrenamiento concéntrico, incluso éste se combina para el trabajo total, mientras que la mayor parte de las mejoras de fuerza durante el entrenamiento (de 10 semanas en su estudio) son atribuibles al aumento del impulso neural.

En relación al trabajo excéntrico en deportes de equipo, también existen investigaciones sobre los diferentes efectos y beneficios de este tipo de trabajo,

observándose mejoras respecto a los métodos de trabajo tradicionales (Mjølsnes *et al.*, 2004; Norrbrand *et al.*, 2008).

El entrenamiento mediante ejercicios inerciales ha sido estudiado y validado su eficacia en estudios que emplean sujetos sanos (Askling *et al.*, 2003; Tous-Fajardo *et al.*, 2006) con poblaciones mayores (Onambélé *et al.*, 2008) y pacientes recuperándose de lesiones de rodilla (Greenwood *et al.*, 2007) y en deportes de equipo (Tous-Fajardo *et al.*, 2016; Maroto-Izquierdo *et al.*, 2017).

Según las revisiones en la literatura científica es posible que el entrenamiento inercial pueda ser más efectivo que el entrenamiento de fuerza tradicional también en la práctica deportiva (Maroto-Izquierdo *et al.*, 2017; Fiorilli *et al.*, 2020).

Por ello, los problemas que nos planteamos son:

- ¿Cuál es el método de entrenamiento de fuerza óptimo para la mejora del rendimiento en jugadores jóvenes de waterpolo?
- ¿Qué tipo de modelo de entrenamiento de fuerza combinado con entrenamiento técnico-táctico mejorará más el rendimiento de las variables condicionales del waterpolo como el salto vertical, la velocidad de nado y lanzamiento o la fuerza del tren superior e inferior en jugadores jóvenes de waterpolo?

2.3 Objetivo General

Uno de los objetivos que persigue esta investigación es poner en valor y dotar de mayor fundamentación y coherencia científica la programación del trabajo de fuerza, siempre con una vocación orientada a la práctica tanto a través de los medios de entrenamiento seleccionados como en el desempeño deportivo.

Por ello, considerando que una buena programación de fuerza dotada de unos mecanismos de control y organización claros y definidos (detallados, concretos,

individualizados) y teniendo en cuenta los factores determinantes en el waterpolo, podría ser concluyente para el rendimiento físico de los jugadores de waterpolo, se establecen una serie de objetivos específicos, tales como la mejora de las cualidades de fuerza para el aporte eficaz orientado al logro en el rendimiento específico competitivo de los deportistas.

Adicionalmente, existe el propósito de demostrar la asociación del entrenamiento de fuerza con el trabajo físico, técnico y táctico realizado previamente a las sesiones de entrenamiento rutinario sin alterar los programas de trabajo.

Con nuestro estudio de investigación, intentamos demostrar si jugadores jóvenes élite de waterpolo masculino podrían mejorar variables determinantes del rendimiento como la velocidad de lanzamiento, velocidad de nado, la capacidad de salto y la fuerza muscular en el tren superior e inferior a través de 5 diferentes metodologías de entrenamiento de la fuerza.

2.3.1. Objetivos Específicos del Estudio

Examinar:

- Los efectos de un entrenamiento específico de fuerza utilizando un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la velocidad de lanzamiento, la velocidad y agilidad de nado, y la fuerza muscular en el tren superior e inferior en un equipo waterpolo de élite de jugadores jóvenes.
- Los efectos de un entrenamiento específico de fuerza en seco durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la velocidad de lanzamiento, la velocidad y agilidad de nado, y la fuerza muscular en el tren superior e inferior en un equipo waterpolo de élite de jugadores jóvenes.
- Los efectos de un entrenamiento específico de fuerza en agua durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la velocidad de lanzamiento, la

velocidad y agilidad de nado, y la fuerza muscular en el tren superior e inferior en un equipo waterpolo de élite de jugadores jóvenes.

- Los efectos de un entrenamiento específico de fuerza combinado en seco y en agua durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la velocidad de lanzamiento, la velocidad y agilidad de nado, y la fuerza muscular en el tren superior e inferior en un equipo waterpolo de élite de jugadores jóvenes.
- Los efectos de un entrenamiento específico de fuerza con metodología pliométrica durante 18 semanas sobre la capacidad de salto, la velocidad de lanzamiento, la velocidad y agilidad de nado, y la fuerza muscular en el tren superior e inferior en un equipo waterpolo de élite de jugadores jóvenes.

2.4 Hipótesis

Son varios los estudios que han aportado información sobre las características fisiológicas y de las capacidades de los jugadores de waterpolo (Smith, 1998; Pavlik *et al.*, 2001; Tsekouras *et al.*, 2005; Platanou, 2009; Botonis *et al.*, 2016; Kontic *et al.*, 2017; Botonis *et al.*, 2019), pero pocos datos son publicados sobre jugadores jóvenes de categoría masculina (Kondrič *et al.*, 2012; Meckel *et al.*, 2013; Sáez de Villarreal *et al.*, 2014). En concreto, los datos que reseñan las capacidades de fuerza y potencia en jugadores jóvenes masculinos son escasos.

Aunque el aumento de la profesionalidad del waterpolo ha ido en crecimiento, las publicaciones sobre las características de rendimiento en jóvenes no han ido a la par de la cantidad de datos disponibles sobre jugadores de waterpolo jóvenes en una temporada completa.

En la actualidad, hay algunos estudios que evalúan parámetros de rendimiento, aunque son en categoría femenina o absoluta masculina (Ramos-Veliz *et al.*, 2014; Sáez de Villarreal *et al.*, 2015).

También se ha investigado sobre aspectos técnicos y tácticos en situación de partido y sus posibles diferencias entre los niveles competitivos (Lozovina y Pavicic, 2004; Lupo *et al.*, 2010).

A pesar de que hay estudios sobre métodos de entrenamiento de fuerza en seco para jugadores de waterpolo, no hay muchos datos sobre entrenamiento de fuerza en agua. En concreto sobre jugadores jóvenes masculinos de waterpolo que describan las capacidades de fuerza y potencia son insuficientes (Bloomfield *et al.*, 1990; Ramos-Veliz *et al.*, 2014; Sáez de Villarreal *et al.*, 2015).

Observamos también que hay pocos estudios que investiguen las transferencias de los efectos que producen los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza sobre las capacidades condicionales, así como la carencia de estudios sobre los efectos que producen los métodos de entrenamiento combinado o como el trabajo excéntrico en el rendimiento, ambos no concluyentes (Delecluse *et al.*, 1995; Comfort *et al.*, 2012).

Hay varios estudios en la literatura sobre el trabajo de fuerza excéntrico, bien como mejoras de ratios de fuerza (Norrby *et al.*, 2011; Núñez *et al.*, 2018) como mejora de la hipertrofia muscular (Schoenfeld y Grgic, 2018) pero sobre todo orientados a la prevención de lesiones (Askling *et al.*, 2003; Young, 2006; Petersen *et al.*, 2011; Lauersen *et al.*, 2014) o estudios sobre mejoras de la fuerza en deportes de equipo (Gonzalo-Skok *et al.*, 2017; Núñez *et al.*, 2018), pero desconocemos el uso del trabajo excéntrico para la mejora del rendimiento en waterpolistas, en concreto waterpolistas jóvenes masculinos.

Desconocemos de estudios sobre programas de entrenamiento de fuerza y potencia durante la temporada para la mejora del rendimiento en waterpolistas jóvenes.

Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

2.4.1 Hipótesis:

- Un tratamiento con diferentes metodologías del entrenamiento de la fuerza, de 18 semanas de duración de alta intensidad en el tren inferior y superior produce un efecto positivo en la fuerza muscular, así como en otros factores determinantes en el rendimiento del waterpolo: velocidad de lanzamiento, velocidad de nado, capacidad de salto y agilidad en el agua.

- Un entrenamiento de fuerza específico en el agua obtendrá un efecto positivo mayor sobre la fuerza muscular y las otras cualidades críticas para el rendimiento en waterpolo que un entrenamiento de fuerza en seco.
- Un entrenamiento combinado (ejercicios de fuerza en seco y en agua) producirá mayores mejoras (en los parámetros analizados anteriormente) que el entrenamiento de fuerza sólo en seco o sólo en agua por separado.
- Un entrenamiento de fuerza excéntrico realizado con medios isoinerciales producirá un efecto positivo mayor en la fuerza muscular, así como otros factores determinantes en el rendimiento del waterpolo que otros métodos del entrenamiento de la fuerza (seco, agua o combinado).

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Diseño experimental y aproximación del problema

Esta tesis se diseñó para comprobar como cinco estímulos diferentes de entrenamiento afectan al rendimiento de la fuerza (tren inferior y superior), salto vertical (en agua y en seco), agilidad en el agua, tiempo de nado y velocidad de lanzamiento en jugadores jóvenes de WP. Se compararon los efectos de 18 semanas (36 sesiones) del tratamiento en un diseño con 5 grupos de sujetos, cada uno de ellos con diferentes métodos de entrenamiento: grupo de entrenamiento de pliometría (GP), fuerza en agua (GA), fuerza en seco (GS), trabajo combinado de fuerza en agua y en seco (GAS) y grupo entrenamiento excéntrico (GE).

Todos ellos realizaron el mismo número de sesiones de entrenamiento de agua de waterpolo. Estos sujetos tenían cierta experiencia en este tipo de entrenamientos, aunque antes del comienzo de la fase de intervención, los sujetos fueron instruidos sobre la forma correcta de ejecutar técnicamente todos los ejercicios que debían realizar. Los sujetos fueron informados para que evitaran cualquier actividad física extenuante durante la duración del tratamiento y mantuvieran sus hábitos alimenticios.

Tabla 2. *Tabla resumen de las mediciones y ejercicios utilizados en la investigación*

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (18 semanas)
FUERZA EN SECO (GS)	12 JUGADORES	Press banca 50kg (m/s)	Press banca	Press banca 50kg (m/s)
		Sentadilla Completa 50Kg (m/s)	Sentadilla completa	Sentadilla Completa 50Kg (m/s)
		Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)	Press militar	Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)
		CMJ (cm)	Dominadas	CMJ (cm)
		Salto vertical en Agua (cm)	CMJ con carga	Salto vertical en Agua (cm)
		Agilidad en Agua (seg)	CMJ	Agilidad en Agua (seg)
		Velocidad de nado en 20m (seg)	Abdominales	Velocidad de nado en 20m (seg)
		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (18 semanas)
FUERZA EN AGUA (GA)	11 JUGADORES	Press banca 50kg (m/s)	Piernas WP espalda con gomas de resistencia	Press banca 50kg (m/s)
		Sentadilla Completa 50Kg (m/s)	BM Lanzamiento	Sentadilla Completa 50Kg (m/s)
		Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)	Saltos laterales de poste a poste de la portería	Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)
		CMJ (cm)	Saltos verticales con BM	CMJ (cm)
		Salto vertical en Agua (cm)		Salto vertical en Agua (cm)
		Agilidad en Agua (seg)		Agilidad en Agua (seg)
		Velocidad de nado en 20m (seg)		Velocidad de nado en 20m (seg)
		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (18 semanas)
TRABAJO COMBINADO DE FUERZA (GAS)	10 JUGADORES	Press banca 50kg (m/s)	Entrenamiento en seco	Press banca 50kg (m/s)
		Sentadilla Completa 50Kg (m/s)	Dominadas	Sentadilla Completa 50Kg (m/s)
		Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)	Splits	Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)
		CMJ (cm)	CMJ con carga	CMJ (cm)
		Salto vertical en Agua (cm)	Cargada	Salto vertical en Agua (cm)
		Agilidad en Agua (seg)	Entrenamiento en agua	Agilidad en Agua (seg)
		Velocidad de nado en 20m (seg)	Piernas WP espalda con gomas de resistencia	Velocidad de nado en 20m (seg)
		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)	BM Lanzamiento Saltos laterales de poste a poste de la portería Saltos verticales con BM	Velocidad de Lanzamiento (Km/h)

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (18 semanas)
ENTRENAMIENTO EN PLIOMETRIA (GP)	11 JUGADORES	Press banca 50kg (m/s)	CMJ con carga	Press banca 50kg (m/s)
		Sentadilla Completa 50Kg (m/s)	CMJ	Sentadilla Completa 50Kg (m/s)
		Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)	Burpees	Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)
		CMJ (cm)	Dominadas + Salto	CMJ (cm)
		Salto vertical en Agua (cm)	BM Lanzamiento	Salto vertical en Agua (cm)
		Agilidad en Agua (seg)	BM Lanzamiento pecho	Agilidad en Agua (seg)
		Velocidad de nado en 20m (seg)	BM Lanzamiento atrás	Velocidad de nado en 20m (seg)
		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)

GRUPOS	ASIGNACIÓN	PRE-TEST	TRATAMIENTO	POST-TEST (18 semanas)
ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO (GE)	12 JUGADORES	Press banca 50kg (m/s)	VERSA PULLEY PECTORAL	Press banca 50kg (m/s)
		Sentadilla Completa 50Kg (m/s)	VERSA PULLEY DORSAL	Sentadilla Completa 50Kg (m/s)
		Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)	VERSA PULLEY HOMBRO	Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)
		CMJ (cm)	VERSA PULLEY BICEPS	CMJ (cm)
		Salto vertical en Agua (cm)	VERSA PULLEY TRICEPS	Salto vertical en Agua (cm)
		Agilidad en Agua (seg)	YO-YO SQUAT	Agilidad en Agua (seg)
		Velocidad de nado en 20m (seg)	YO-YO ISQUIOS	Velocidad de nado en 20m (seg)
		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)		Velocidad de Lanzamiento (Km/h)

3.2 Sujetos experimentales

La muestra fue un grupo de 56 jugadores de waterpolo de categoría masculina, pertenecientes a 5 clubes de categoría 1ª división nacional de la Liga Española de waterpolo clasificados en 5 grupos de entrenamiento: grupo de entrenamiento de pliometría (GP) (11 jugadores), fuerza en agua (GA) (11 jugadores), fuerza en seco (GS) (12 jugadores), trabajo combinado de fuerza en agua y en seco (GAS) (10 jugadores) y grupo entrenamiento excéntrico (GE) (12 jugadores) (Tabla 3). Los criterios de exclusión de la investigación eran los siguientes: sujetos con

problemas médicos potenciales o historial de patologías en tobillo, rodilla o espalda en los últimos tres meses antes del estudio, sujetos con problemas médicos u ortopédicos que comprometían su participación o rendimiento en este estudio, o algún tipo de cirugía reconstructiva en la extremidad inferior o superior en los últimos dos años, o problemas musculoesqueléticos sin resolver. Todos los participantes fueron informados detalladamente sobre el contenido del estudio, sus objetivos, sus posibles riesgos y beneficios, y todos dieron su consentimiento por escrito (Anexo1) antes de realizar los tests iniciales y el tratamiento. Los jugadores de cada club fueron asignados de manera aleatoria a cada tipo de entrenamiento de fuerza diseñado. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki II y aprobado por el Comité Ético de la Universidad Pablo de Olavide.

Tabla 3. *Tabla resumen datos antropométricos y años de experiencia de los sujetos*

	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	Experiencia (años)
Grupo GP	17,18 ± 0,75	179,16 ± 3,35	82,94 ± 1,90	4±1
Grupo GA	17,73 ± 0,47	182,25 ± 3,29	84,12 ± 1,82	4±1
Grupo GS	17,58 ± 0,51	181,21± 2,87	82,96 ± 2,99	4±1
Grupo GAS	17 ± 0,82	182,95 ± 4,22	83,07 ± 2,10	4±1
Grupo GE	17,42 ± 0,67	181,40 ± 3,48	84,13 ± 2,37	4±1

3.3 Protocolo experimental

El estudio se desarrolló en las instalaciones de cada complejo deportivo municipal de los 5 equipos. Durante las 18 semanas del tratamiento, los sujetos entrenaron 5-6 días a la semana y jugaron un partido semanal (sábado o domingo) perteneciente al campeonato nacional de liga.

3.4 Variables objeto de estudio

Variables independientes

El estudio planteado fue de carácter experimental, donde las variables que actuaron como independientes fueron los diferentes ejercicios de cada tipo de entrenamiento de fuerza diseñado por medio de estos ejercicios:

- *Press de banca.*
- *Sentadilla completa*
- *Dominadas.*
- *Press militar.*
- *Abdominales: isométrico y dinámico.*
- *Media sentadilla.*
- *Zancadas*
- *Salto con carga.*
- *Salto sin carga.*
- *Splits.*
- *Cargada.*
- *Lanzamiento de Balón medicinal (BM).*
- *Piernas de WP con resistencia*
- *Salto en el agua con BM*
- *Ejercicios en Versa-Pulley*
- *Ejercicios en YO-YO Squat*
- *Ejercicios en YO-YO isquios*

Variables dependientes

- *Test de fuerza máxima: press de banca y sentadilla completa.*
- *Altura del salto CMJ en seco y en agua.*
- *Velocidad y distancia de lanzamiento.*
- *Tiempo de nado en 20 metros.*
- *Test de agilidad de 10 metros.*

3.5 Control de variables extrañas

El cumplimiento del protocolo en la ejecución de los ejercicios en el momento de la realización de los test se controló debidamente, como se explica más adelante al describir los test. Las variables situacionales no existieron porque todos los test se realizaron en las mismas condiciones y con las mismas instrucciones. El efecto del aprendizaje se eliminó, como ya hemos indicado, los sujetos realizaron dos o tres sesiones previas de familiarización en la ejecución de los ejercicios.

MEDICIONES

3.6 Antropometría

La altura se midió con un tallímetro de pared (Seca222, NY, EE.UU.). La masa corporal se midió utilizando una escala médica, y la masa grasa, masa libre de grasa y el porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de bio-impedancia (Tanita BC-418MA, Japón).

3.6.1 Test salto vertical en agua

La medición de la altura del salto vertical se realizó siguiendo el modelo propuesto por Platanou (2005). El salto vertical en el agua se evaluó mediante una tabla con

una escala en centímetros. Su base estuvo colocada perpendicularmente en el borde de la piscina, a la altura de la superficie del agua. La placa se colocó 120 cm sobre la superficie del agua, en una posición tal que no obstaculizara el movimiento de los participantes durante el salto. La distancia entre el nivel inferior de la junta y la superficie del agua se mide con un trozo de cuerda con un pequeño peso atado. La altura de la placa pudo ser fácilmente ajustada para mantener constante la distancia.

Con el fin de registrar los saltos a los jugadores, se usó una cámara de vídeo SVHS (50 Hz frecuencia de muestreo, 720 y 576 píxeles de resolución horizontal y vertical, respectivamente) y se colocó en frente del tablero. La resolución de la medida era de 0,5 cm.



Figura 3. Imagen del modelo propuesto para la medición de salto en agua de Platanou (2005).

Los jugadores esperaban en posición de base, la cual consistía en sumergir el cuerpo hasta la zona del acromion, posición comúnmente adoptada por los jugadores cuando no están participando activamente en el juego. A continuación, estaban listos debajo de la tabla para saltar hacia arriba y tocar con la mano el punto más alto de la tabla que pudieran alcanzar (en 3 ocasiones diferentes). El análisis de video posterior se realizó mediante la congelación de la imagen, concretamente cuyo el jugador tocaba con su mano el punto más alto de la tabla. Esto permitió la identificación de la distancia entre la superficie del agua y el punto

más alto alcanzado sumando los centímetros obtenidos en el salto más la medida de la tabla (120 cm). La distancia total medida fue restada de la longitud de la extremidad superior.

3.6.2 Test de salto vertical CMJ sin carga

El CMJ es un salto vertical en el que se pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad realizando una flexión-extensión rápida de piernas con la mínima parada entre ambas fases. La flexión debe llegar hasta un ángulo aproximado de 90°, aunque el grado de flexión no parece determinante si los saltos son “normales” o “naturales”. No existe la ayuda de brazos, por lo que las manos deben quedar fijas, pegadas a las caderas. El tronco debe estar próximo a la vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas deben permanecer rectas durante la fase de vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies, y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se pueden flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90° en las rodillas. La posición inicial del sujeto es de pie con el cuerpo estirado y guardando la vertical (sin flexión de caderas o rodillas y sin inclinación hacia los lados o delante-atrás). La medición se realizará con una plataforma de contacto electrónica (Ergo-Jump, MuscleLabV718, Langesund, Norway). Se llevarán a cabo cinco saltos, separados por un minuto de descanso aproximadamente, de los cuáles se seleccionarán los tres mejores valores, con los que se realizó la media para el posterior análisis estadístico.

3.6.3 Test tiempo de nado en 20 metros

Las mediciones se realizaron en las instalaciones de cada complejo municipal de entrenamiento de cada equipo. A través de esta medición, conocemos el tiempo que emplea un jugador para recorrer 20 metros a la máxima velocidad de nado. La medición se realizó con un sistema de cronometraje electrónico (Ergo-Test, Muscle Lab. V7.18, Langesund, Norway)). Todos los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado previo de 15 minutos dirigido por el investigador. El jugador partía

de una posición vertical y situado de espaldas hacia la dirección que iba a nadar, recibía una señal sonora, por lo que debía realizar un giro de 180º y nadar a la máxima velocidad en la distancia citada. Se realizaron dos intentos a máxima intensidad, con 5 minutos de descanso en entre intentos, de los cuales se eligió el mejor resultado para el posterior análisis estadístico.

3.6.4 Test de fuerza en tren inferior (Sentadilla completa (1RM))

Para medir la fuerza dinámica máxima del tren inferior del cuerpo (1RM) se determinó como el peso más alto que podía ser levantada a través de toda la gama de movimiento de una sentadilla con la técnica correcta. Los participantes llevaron a cabo la sentadilla desde una posición completamente extendida teniendo apoyada la barra en los hombros. A la orden, los participantes realizaron una sentadilla excéntrica controlada a un ángulo de la rodilla de 90º, seguido sin pausa por una extensión de la pierna concéntrica (lo más rápido posible) para regresar a la extensión completa. El tronco se mantuvo lo más recto posible. El test estuvo dirigido por un especialista en entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico, que se encargó de comprobar la técnica correcta. Un cinturón de seguridad fue utilizado por todos los participantes. Las pruebas se realizaron en una máquina multipower (máquina Smith, Modelo Adan - Deporte, Granada, España). La velocidad de desplazamiento se determinó usando una máquina multipower en el que la barra se une en ambos extremos, con rodamientos lineales en 2 barras verticales que permiten sólo movimientos verticales. Además, la barra de desplazamiento, el pico y la velocidad (metros por segundo) significa que se registraron utilizando un transductor lineal de velocidad adjunta a1 final de la barra. El transductor lineal de velocidad registró la posición y la dirección de la barra con una precisión de 0,0003 m. Se utilizó un programa informático (T-Force system, Ergotech, Murcia, España) para calcular la velocidad de desplazamiento para cada repetición de las sentadillas que se realizaban a lo largo de todo el rango de movimiento. El calentamiento consistió en una serie de 10 repeticiones con cargas de 40 a 60 % del máximo percibido. A partir de entonces, se realizaron 5-6

intentos individuales separados hasta que el sujeto no pudiera extender las piernas en la posición deseada. El último intento aceptable con mayor carga posible se determinó como 1RM. El período de descanso entre los intentos siempre fue de 2 minutos.



Figura 4. *Ejecución del ejercicio de sentadilla.*

3.6.5 Test de press banca. Fuerza dinámica máxima (1RM).

El ejercicio de press de banca fue elegido por su gran implicación en la fuerza, velocidad y potencia de los de los músculos extensores del tren superior (pectorales, hombros y tríceps) ante todas las cargas, en el movimiento que se describe a continuación. Para su realización, los sujetos se colocaron en decúbito supino con la espalda y los glúteos apoyados sobre el banco, pies en el suelo o sobre un banco (según suela ejecutar cada sujeto), sujetando la barra con una empuñadura prona para despegarla luego de los apoyos y elevarla extendiendo los brazos para alcanzar la posición inicial con los codos extendidos a la altura del pecho. El ejercicio se inició bajando la barra hasta tocar el pecho, donde permanecía quieta (~1 seg.), hasta escuchar la orden de “¡ya!” que el evaluador transmitió al sujeto en cuanto observaba que se realizaba correctamente la parada. En este momento se invertía el movimiento, subiendo la barra hacia arriba a la

máxima velocidad posible hasta la completa extensión de los brazos. El resto de condiciones fueron las mismas que las explicadas para la sentadilla.



Figura 5. *Ejecución del ejercicio de press de banca*

3.6.6. Test de velocidad de lanzamiento

La medición de este test fue realizada por medio del radar Stalker-Sport-Radar (Plano, TX, USA), detallado en los instrumentos de medida. Todos los participantes siguieron un protocolo de calentamiento antes de la prueba, que constó de 10 minutos de nado, más 5 minutos de pases con balón (450 gramos de peso, circunferencia de 0.71 metros, Mikasa W6009c, Irvine, CA, USA) para preparar la articulación muñeca-codo y el hombro. Al finalizar el calentamiento, con lanzamientos a portería e inmediatamente después realizar el test, que consistió en lanzar lo más fuerte posible con precisión (lanzar al centro) a la portería desde una distancia de 5 m. Se registraron los 3 lanzamientos de cada sujeto, hasta un máximo de 3 series de 3 lanzamientos consecutivos. Se proporcionó 1-2 minutos de descanso entre las series de lanzamientos y 10 a 15 segundos entre el 2º lanzamientos de la misma serie. Los 2 valores extremos de los ensayos fueron eliminados (mejor y peor), y la media de los valores centrales se utilizó para el análisis estadístico posterior.



Figura 6. Ejecución del lanzamiento a portería.

3.6.7 Test de agilidad 10 metros

Los sujetos partían de una posición base (posición vertical realizando piernas de waterpolo, en dirección hacia el otro extremo de la piscina). El examinador daba la señal de salida para que el atleta cruzara la fotocélula (Muscle Lab.V7.18, Langesund, Noruega) y se iniciara la prueba. El atleta nadaba hacia el objetivo y tocaba el travesaño con dos manos, luego nadaba hacia el poste derecho y lo volvía a tocar y nadaba hacia el otro lateral tocando el palo izquierdo. Inmediatamente después de este paso, el atleta nadaba cinco metros hacia atrás. El tiempo se detenía cuando el atleta cruzaba la fotocélula. Antes de la prueba, los participantes realizaron un calentamiento estandarizado, compuesto por cinco minutos de natación sub-máxima, seguido de algunos ejercicios de agilidad-media velocidad en el agua como pruebas de familiarización. La calificación de la prueba se registró como el mejor valor de los tres intentos. Hubo un período de descanso de tres minutos entre cada intento. Los sujetos fueron descalificados si no podían tocar la base de cualquier palo o travesaño.



Figura 7. *Ejecución del test de agilidad*

3.7 Procedimiento

Dos semanas antes de aplicar los test a cada sujeto, se llevaron a cabo dos sesiones de familiarización con los test de salto en seco (CMJ), salto en agua, agilidad, lanzamiento y de fuerza (sentadilla completa y press de banca), en las mismas condiciones que los test definitivos.

Los test iniciales se realizaron durante 2 días en una misma semana; lunes, test de laboratorio (press de banca, sentadilla completa, CMJ y lanzamiento de BM); y miércoles, test de piscina (salto en agua, agilidad en agua, tiempo de nado en 20 metros y velocidad de lanzamiento) para garantizar la fiabilidad de los resultados. Cada grupo durante los test tuvo un máximo de 5 sujetos con el objetivo principal de que los descansos entre los test fueran los adecuados.

Las mediciones de los test de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta una programación de los horarios, como sigue a continuación: primer grupo de 13-14h, segundo grupo de 14-15h, tercer grupo de 15-16h, cuarto grupo 16-17h y quinto grupo de 17-18h. Después de la llegada de cada grupo al laboratorio, se cambiaron de ropa de calle por una ropa y calzado apropiados para la realización de los test, se les explicó el orden de los test y su orden de participación. El orden de ejecución de los test fue el mismo para todos los grupos.

Los test finales se realizaron antes y después de las 18 semanas de entrenamiento de fuerza, siguiendo el mismo procedimiento. Es importante destacar que se repitió la programación de los horarios y que los sujetos volvieron a realizar el test final en la misma franja horaria que en el test inicial.

El peso se midió con una báscula de precisión (0.1 kg) (modelo Seca 011, NY, USA). Los sujetos estaban cuidadosamente familiarizados con el procedimiento de los test de fuerza y producción de potencia durante varias acciones máximas y sub-máximas días antes de comenzar con las mediciones, y también como propósito de control. Adicionalmente, todos los sujetos realizaron un calentamiento previo a la ejecución de los ejercicios de familiarización. Todos los test para determinar la fuerza, la potencia y la velocidad se realizaron en el pre-test y en el pos-test (periodo inicial y final de competición). Adicionalmente, se tuvo en consideración un descanso suficiente entre los test para reducir los efectos de la fatiga en los subsiguientes test.

3.8 Tratamiento

Los grupos de entrenamiento completaron 18 semanas de tratamiento individualizado (tablas 4,5,6,7,y 8) cumpliendo con una frecuencia de entrenamiento de 2 días/semana junto al entrenamiento de agua de waterpolo que realizaban 5-6 días/semana. Se entregó un diario de entrenamiento a cada sujeto, donde se indicaba la relación del volumen y la intensidad de cada sesión (calentamiento general calentamiento específico, número de series, número de repeticiones, descanso entre las series y repeticiones, carga diaria).

Tabla 4. Tratamiento individualizado en el grupo en seco

SECO									
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sesiones/Ejercicios	S1-S2	S3-S4	S5-S6	S7-S8	S9-S10	S11-S12	S13-S14	S15-S16	S17-S18
Press de banca	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)
Sentadilla completa	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)
Press militar	3X10X5kg	3X10X5kg	3X10X5kg	3x10x8kg	3x10x8kg	3x10x8kg	3x15x10kg	3x15x10kg	3x15x10kg
Dominadas	3xMáx	3xMáx	3xMax	4xMax	4xMax	4xMax	5xmax	5xmax	5xmax
CMJ con carga	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X10 (1m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)
CMJ	3X5	3X5	3X5	3X6	3X7	3X8	3X8	3X8	3X8
Abdominales	4X20	4X20	4X20	5X20	5X20	5X20	6X20	6X20	6X20
Semanas	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Sesiones/Ejercicios	S19-S20	S21-S22	S23-S24	S25-S26	S27-S28	S29-S30	S31-S32	S33-S34	S35-S36
Press de banca	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)
Sentadilla completa	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X15 (0.8 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)
Press militar	3X15X10kg	3X15X10kg	3X15X10kg	3x20x12kg	3x20x12kg	3x20x12kg	3x20x12kg	3x20x12kg	3x20x12kg
Dominadas	5xmax	5xmax	5xmax	6xmax	6xmax	6xmax	6xmax	6xmax	6xmax
CMJ con carga	3X15 (0.7 m/s ⁻¹)	3X15 (0.7 m/s ⁻¹)	3X15 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)	3X20 (0.7 m/s ⁻¹)
CMJ	3X9	3X9	3X10	3X10	3x11	3X12	3X12	3X13	3X14
Abdominales	6X20	6X20	6X20	7X20	7X20	7X20	8X20	8X21	8X22

Tabla 5. Tratamiento individualizado en el grupo combinado de agua y seco.

COMBINADO						
ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN SECO						
Semanas	1 a 3	3 a 6	6 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18
Sesiones/Ejercicios	S1-S6	S6-S12	S12-S18	S18-S24	S24-S30	S30-S36
Dominadas	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
Splits	3x10 20%	3x10 20%	3x15 25%	3x15 25%	3x20 30%	3x20 30%
CMJ con carga	3x10x10kg	3x10x10kg	3x15x15kg	3x15x15kg	3x20x20kg	3x20x20kg
Cargada	3x10x20%BW	3x10x20%BW	3x15x40%BW	3x15x40%BW	3x20X60%BW	3x20X60%BW
ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN AGUA						
Piernas WP espalda con gomas de resistencia	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
BM Lanzamiento	3x10x3kg	3x10x3kg	3x15x3kg	3x15x3kg	3x20x3kg	3x20x3kg
Salto lateral de poste a poste de la portería	3X10	3x10	3X15	3X15	3X20	3X20
Salto vertical con BM	3x10x5kg+sprint 5m	3x10x5kg+sprint 5m	3x15x5kg+sprint 5m	3x15x5kg+sprint 5m	3x20x5kg+sprint 5m	3x20x5kg+sprint 5m

Tabla 6. Tratamiento individualizado en el grupo de agua.

AGUA						
ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN AGUA						
Semana	1 a 3	3 a 6	6 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18
Sesiones/Ejercicios	S1-S6	S6-S12	S12-S18	S18-S24	S24-S30	S30-S36
Piernas WP frontal con gomas de resistencia	5X20"	5X20"	5X40"	5X40"	5X60"	5X60"
Nado a espalda con gomas de resistencia	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
Nado frontal con gomas de resistencia	5X10"	5X10"	5X20"	5X20"	5X30"	5X30"
BM Lanzamiento	3x10x3kg	3x10x3kg	3x15x3kg	3x15x3kg	3x20x3kg	3x20x3kg
Salto lateral de poste a poste de la portería	3X10	3x10	3X15	3X15	3X20	3X20
Salto vertical con BM	3x10x5kg+sprint 5m	3x10x5kg+sprint 5m	3x15x5kg+sprint 5m	3x15x5kg+sprint 5m	3x20x5kg+sprint 5m	3x20x5kg+sprint 5m

Tabla 7. Tratamiento individualizado en el grupo pliométrico.

PLIOMETRICO						
Semana	ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO					
	1 a 3	3 a 6	6 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18
Sesiones/Ejercicios	S1-S6	S6-S12	S12-S18	S18-S24	S24-S30	S30-S36
CMJ con carga	3x10x10kg	3x10x10kg	3x15x15kg	3x15x15kg	3x10x20kg	3x10x20kg
CMJ	3X10	3X10	3X15	3X15	3X20	3X20
Burpees	3X10	3X10	3X15	3X15	3X20	3X20
Dominadas + Salto	3x Max	3x Max	3x Max	3x Max	4x Max	4x Max
BM Lanzamiento	3x10x3kg	3x10x3kg	3x15x3kg	3x15x3kg	3x20x3kg	3x20x3kg
BM Lanzamiento pecho	3x10x5kg	3x10x5kg	3x15x5kg	3x15x5kg	3x20x5kg	3x20x5kg
BM Lanzamiento atrás	3x10x5kg	3x10x5kg	3x15x5kg	3x15x5kg	3x20x5kg	3x20x5kg

Tabla 8. Tratamiento individualizado en el grupo excéntrico.

EXCENTRICO						
Semana Sesiones/Ejercicios	ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO					
	1 a 3 S1-S6	3 a 6 S6-S12	6 a 9 S12-S18	9 a 12 S18-S24	12 a 15 S24-S30	15 a 18 S30-S36
VERSA PULLEY PECTORAL	3x10	3x10	3x15	3x15	3x20	3x20
VERSA PULLEY DORSAL	3x10	3x10	3x15	3x15	3x20	3x20
VERSA PULLEY HOMBRO	3x10	3x10	3x15	3x15	3x20	3x20
VERSA PULLEY BICEPS	3x10	3x10	3x15	3x15	3x20	3x20
VERSA PULLEY TRICEPS	3x10	3x10	3x15	3x15	3x20	3x20
YO-YO SQUAT	3x10	3x10	3x15	3x15	3x20	3x20
YO-YO ISQUIOS	3x10	3x10	3x15	3x15	3x20	3x20

3.9 Análisis estadístico

Fueron calculados análisis estadísticos descriptivos (media \pm DE) para las diferentes variables. El Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) fue utilizado para determinar la fiabilidad de las mediciones. La distribución de cada variable fue analizada con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Primero, los datos fueron analizados utilizando una ANOVA de 5x2 de medidas repetidas entre los factores (tipos de entrenamientos; GP, GA, GS, GAS, GE) y dentro de los factores (pre vs. post-entrenamiento). Cuando se alcanzó un F-valor significativo, se realizaron procedimientos post hoc de Bonferroni para localizar las diferencias por pares entre las medias. La corrección de Holm fue utilizada para controlar los errores tipo I y II. Las ganancias del tamaño del efecto (TE) fueron calculadas utilizando g , según lo descrito por Hedges y Olkin (1985), utilizando la fórmula $g = (M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}) / DE_{\text{pooled}}$, donde M_{post} es la media para el post-test y M_{pre} es la media del pre-test y DE_{pooled} es la DE agrupado de las mediciones. Se ha recomendado (Hedges *et al.*, 1985) que el TE debe ser corregido en función de la magnitud del tamaño de la muestra de cada estudio. Por lo tanto, se realizó la corrección utilizando la fórmula: $1 - 3 / (4m - 9)$, donde $m = n - 1$, según lo propuesto por Hedges y Olkin (1985). La escala utilizada para la interpretación fue la propuesta por Rhea (2004), la cual es específica para la investigación en rendimiento y el nivel de entrenamiento de los sujetos para evaluar la magnitud relativa de un TE. Las magnitudes de los TE se consideraron como trivial ($<0,35$), pequeño (0,35-0,80), moderado (0,80 a 1,50), o grande ($> 1,5$). El intervalo de confianza (CI) fue calculado al 95% (CI) para el TE. La significación estadística fue aceptada a un nivel α de $p \leq 0,05$.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

Al comienzo del estudio no se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las variables antropométricas, fuerza, o nado a sprint. Después de 18 semanas de entrenamiento, no se observaron cambios significativos en ninguna de las medidas antropométricas, pero sí en el resto de variables evaluadas que se proceden a detallar a continuación.

4.1.1 PRESS BANCA 50KG(m/s)

En esta prueba, se observó un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,001$) en todos los grupos a excepción del grupo que trabajaba exclusivamente en agua (GA). GP (0,08m/s, 13,79%, TE=0,89); GS (0,09 m/s, 15,00%, TE=0,75); GAS (0,09 m/s 15,00%, TE=1,13); GE (0,27 m/s, 41,54%, TE=6,75) (Tabla 9).

En esta prueba, también se observó un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,000$) entre grupos con GE. (0,27 m/s, 41,54%, TE=6,75) (Tabla 9).

4.1.2 SENTADILLA COMPLETA

Los resultados en la prueba de sentadilla completa mejoraron significativamente ($p < 0,001$) en los GP (0,15m/s, 22,06%, TE=0,15), GS (0,10 m/s, 12,99%, TE=1,43) y GE (0,19 m/s, 25,68%, TE=1,90) respectivamente (Tabla 9).

En esta prueba, también se observó un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,000$) entre grupos con GE(0,19 m/s, 25,68%, TE=1,90) (Tabla 9).

4.1.3 LANZAMIENTO BALON MEDICINAL 5KG.

Todos los grupos aumentaron la distancia en el lanzamiento del balón medicinal de 5kg de manera estadísticamente significativa ($p < 0,001$). El GP (0,57m., 4,60%, TE=0,98), en el GA (0,73m., 5,92%, TE=1,43), el GS (0,83m., 6,88%, TE=1,63), el GAS (0,63m., 5,09%, TE=1,24) y el GE (0,65m., 5,20%, TE=1,08) (Tabla 9).

4.1.4 SALTO VERTICAL EN SECO

A excepción del GA, todos los demás grupos obtuvieron aumentos estadísticamente significativos en el salto vertical ($p<0,001$), el GP (5,28 cm., 9,18%, TE=1,67), el GS (1,82cm., 3,22%, TE=0,80), el GAS (2,42cm., 4,44%, TE=0,53) y el GE (1,89cm., 3,18%, TE=0,80) (Tabla 9).

4.1.5 SALTO VERTICAL EN AGUA

A excepción del GA, todos los demás grupos obtuvieron aumentos estadísticamente significativos ($p<0,001$). Los aumentos observados en el salto vertical en agua fueron, en el GP (3,12cm., 5,59%, TE=0,37), en el GS (2cm., 3,83%, TE=0,28), en el GAS (3,37cm., 5,96%, TE=0,47) y en el GE (3,65cm., 6,77%, TE=0,47) respectivamente (Tabla 9).

4.1.6 AGILIDAD EN AGUA

A excepción del GS, todos los demás grupos obtuvieron mejorías estadísticamente significativas ($p<0,001$). Los resultados observados en el trabajo de agilidad en agua fueron, en el GP (-0,38seg., -3,94%, TE=-0,63), en el GA (-0,42seg., -4,22%, TE=-0,55), en el GAS (-0,72seg., -7,33%, TE=-0,62) y en el GE (-0,38seg., -3,97%, TE=-0,57) (Tabla 9).

4.1.7 VELOCIDAD DE NADO EN 20m.

Hubo mejoras significativas ($p<0,001$) en todos los grupos excepto en el GA. Los resultados que se dieron en la velocidad de nado en 20m. fueron, en el GP (-0,13seg., -1,37%, TE=-0,17), en el GS (-0,64seg., -6,81%, TE=-1,56), en el GAS (-0,56seg., -5,88%, TE=-0,62) y en el GE (-0,23seg., 2,39%, TE=-0,33) (Tabla 9).

4.1.8 VELOCIDAD DE LANZAMIENTO

Todos los grupos aumentaron la velocidad de lanzamiento de forma estadísticamente significativa ($p < 0,001$). Los aumentos en la velocidad de lanzamiento fueron, en el GP (7,1Km/h.,13,60%. TE=1,29), en el GA (5,22Km/h.,9,81%,TE=1,18), en el GS (6,16Km/h.,10,93%, TE=1,06), en el GAS (9,04Km/h.,17,38%, TE=2,03) y en el GE (14,42Km/h.,24,79 %, TE=2,24).

En esta prueba, también se observó un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,000$) entre grupos con GE. (14,42Km/h.,24,79 %, TE=2,24) (Tabla 9).

Tabla 9. Cambios del pre-entrenamiento al post-entrenamiento en los parámetros seleccionados para cada grupo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS												
	GP				GA				GS			
	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE
Press banca 50kg (m/s)	0,58±0,09	0,66±0,10*	13,79	0,89	0,64±0,09	0,65±0,11	1,56	0,09	0,60±0,10	0,69±0,12*	15	0,75
Sentadilla Completa 50Kg (m/s)	0,68±0,10	0,83±0,09*	22,06	1,5	0,69±0,09	0,71±0,09	2,9	0,22	0,77±0,08	0,87±0,07*	12,99	1,43
Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)	12,40±0,58	12,97±0,62*	4,6	0,98	12,33±0,64	13,06±0,51*	5,92	1,43	12,07±0,64	12,90±0,51*	6,88	1,63
CMJ (cm)	57,53±3,17	62,81±3,45*	9,18	1,67	54,98±3,09	54,63±3,13	-0,64	-0,11	56,55±2,11	58,37±2,28*	3,22	0,80
Salto vertical en Agua (cm)	55,97±8,37	59,09±7,46*	5,59	0,37	51,89±7,06	53,17±5,77	2,47	0,22	52,20±6,48	54,20±7,25*	3,83	0,28
Agilidad en Agua (seg)	9,64±0,60	9,26±0,63*	-3,94	-0,63	9,95±1,10	9,53±0,77*	-4,22	-0,55	9,61±0,55	9,52±0,45	-0,94	-0,2
Velocidad de nado en 20m (seg)	9,48±0,78	9,35±0,72*	-1,37	-0,17	9,32±0,97	9,29±0,77	-0,32	-0,04	9,40±0,44	8,76±0,41*	-6,81	-1,56
Velocidad de Lanzamiento (Km/h)	52,20±5,49	59,30±6,92*	13,6	1,29	53,23±7,04	58,45±4,44*	9,81	1,18	56,35±3,51	62,51±5,81*	10,93	1,06
	GAS				GE							
	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE	PRE	POST	% DE CAMBIO	TE				
Press banca 50kg (m/s)	0,60±0,06	0,69±0,08*	15	1,13	0,65±0,06	0,92±0,04*&	41,54	6,75				
Sentadilla Completa 50Kg (m/s)	0,79±0,08	0,84±0,06	6,33	0,83	0,74±0,09	0,93±0,10*&	25,68	1,90				
Lanzamiento Balón Medicinal 5 kg (m)	12,37±0,47	13,00±0,51*	5,09	1,24	12,50±0,58	13,15±0,60*	5,2	1,08				
CMJ (cm)	54,48±4,63	56,90±4,58*	4,44	0,53	59,35±2,82	61,24±2,36*	3,18	0,80				
Salto vertical en Agua (cm)	56,56±9,80	59,93±7,23*	5,96	0,47	53,95±8,07	57,60±7,70*	6,77	0,47				
Agilidad en Agua (seg)	9,82±1,28	9,10±1,16*	-7,33	-0,62	9,58±0,68	9,20±0,67*	-3,97	-0,57				
Velocidad de nado en 20m (seg)	9,53±0,65	8,97±0,90*	-5,88	-0,62	9,64±0,75	9,41±0,70*	-2,39	-0,33				
Velocidad de Lanzamiento (Km/h)	52,02±4,86	61,06±4,46*	17,38	2,03	58,16±4,46	72,58±6,43*&	24,79	2,24				

GP: Grupo pliometría; GA: Grupo fuerza en agua; GS: Grupo fuerza en seco; GAS: Grupo fuerza combinada agua-seco; GE: Grupo fuerza Excéntrica *Diferencias significativas entre pre-post ($p<0,001$) &Diferencias significativas con GE ($p<0,000$)

CAPÍTULO V:

DISCUSIÓN

CAPITULO 5: DISCUSIÓN

5.1 Discusión

El objetivo principal de este estudio fue determinar si jugadores jóvenes elite de WP masculino podrían mejorar variables determinantes del rendimiento como la velocidad de lanzamiento, velocidad de nado, la capacidad de salto y la fuerza muscular en el tren superior e inferior a través de 5 diferentes metodologías de entrenamiento de la fuerza. El hallazgo importante en nuestra investigación es que nuestros resultados corroboran nuestras hipótesis, ya que las diferentes metodologías de entrenamiento de la fuerza utilizadas en los tratamientos hacen mejorar de manera significativa las variables de rendimiento estudiadas. Concretamente después de 18 semanas de tratamiento de fuerza con diferentes metodologías se lograron mejoras del 13 al 41% en fuerza del tren superior (press banca), del 6 al 25% en fuerza del tren inferior (sentadilla completa), del 2 al 9% en CMJ, del 3 al 6% en salto vertical en agua, del 3 al 7% en agilidad en agua, del 1 al 6% en velocidad de nado en 20 m. y del 9 al 24% en velocidad de lanzamiento.

Otro hallazgo primario de esta investigación agrega valor a los estudios realizados anteriormente sobre las diferentes adaptaciones del rendimiento en WP asociados con el uso de entrenamientos de fuerza tradicional, específico en agua, pliométrico y combinado. Nuestros resultados ponen de manifiesto que un programa de entrenamiento excéntrico con sistemas isoinerciales de 18 semanas de duración se traduce en una mayor mejora en el rendimiento de la fuerza máxima (press banca y sentadilla completa) que otros métodos de entrenamiento analizados en este estudio. Además, un programa de entrenamiento excéntrico parece producir un estímulo más potente ya que este entrenamiento resulta ser más beneficioso en los diversos parámetros de rendimiento en WP (salto vertical en agua y velocidad de lanzamiento) en comparación con los otros métodos de entrenamiento estudiados.

La capacidad del salto vertical es un componente esencial en WP, y es frecuente tanto en acciones defensivas (bloquear y robar el balón) y ofensivas (pasar y lanzar el balón). El test de salto vertical en seco difiere un poco del salto vertical

específico de WP (salto vertical en agua) (Platanou, 2005). Gran cantidad de investigaciones han estado centradas en el desarrollo del rendimiento en el salto vertical (en seco y agua) con el uso de una gran variedad de métodos de entrenamiento (Arabatzis *et al.*, 2010; Platanou, 2005; Sáez de Villarreal *et al.*, 2011, 2014, 2015; Ramos-Veliz *et al.*, 2014, 2015). En concreto, hay una fuerte evidencia que el entrenamiento pliométrico provoca mejoras significativas en el rendimiento del salto vertical (Sáez de Villarreal *et al.*, 2008; Sáez de Villarreal *et al.*, 2009). Al igual que en estudios publicados anteriormente, también se observó una mejora significativa de 9,18% en la altura del CMJ en el GP. Estos resultados se pueden comparar con los resultados de otros estudios (Falk *et al.*, 2004) que mostraron una mejora del 15% en la altura del salto vertical. Además, en comparación con los resultados publicados por otros investigadores que llevaron a cabo este test en atletas de otros deportes, parece que los jugadores de WP tienen una capacidad relativamente alta para aumentar la fuerza explosiva, comparable con jugadores de fútbol de categoría júnior (Chelly *et al.*, 2009) (7,5%), o los nadadores (Garrido *et al.*, 2010). Christou *et al.*, (2006) también encontraron ganancias de un 14,4% en el CMJ de jugadores de fútbol durante más de 8 semanas de entrenamiento de fuerza. Gorostiaga *et al.*, (2006) estudiaron la influencia del entrenamiento de fuerza en el rendimiento del salto en jugadores de balonmano, mostrando aumentos significativos en el grupo que sólo había entrenado con la práctica del deporte (6%), pero no hubo cambios en el CMJ tanto en los grupos de entrenamiento de fuerza y grupo control. Estos resultados concuerdan con los de estudios publicados anteriormente que informan que los programas pliométricos que contienen diferentes modalidades (es decir, el uso de CMJ, burpees, dominadas + saltos) pueden aumentar significativamente el rendimiento del salto vertical (Sáez de Villarreal *et al.*, 2014, 2015; Ramos-Veliz *et al.*, 2014, 2015). Sin embargo, se observaron mejoras significativas en el salto en agua en todos los grupos que realizaron el entrenamiento de fuerza específico exhibiendo incrementos desde 2,47% hasta 6,77%. Los resultados de la presente investigación coinciden con trabajos previos (Sáez de Villarreal *et al.*, 2014, 2015; Ramos-Veliz *et al.*, 2014, 2015) demostrando que un programa específico de fuerza en agua puede aumentar de manera significativa la capacidad de salto en el agua. La intervención de entrenamiento específica de fuerza en agua incluye a los movimientos de las

piernas, utilizados en WP donde involucran a las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo. Con el adecuado entrenamiento de fuerza y alta intensidad en el tren inferior, los jugadores pueden generar fuerzas para elevar el cuerpo y mejorar el rendimiento de la capacidad de salto en agua. De este modo, los jugadores de WP necesitan desarrollar la capacidad de mantener altas velocidades de movimiento de las piernas durante todo el ciclo de patada, para mejorar la capacidad de salto vertical en el agua (Sands *et al.*, 1999).

El waterpolo es un deporte intermitente de alta intensidad, a menudo con acciones de sprints de nado y lucha que requieren fuerza y potencia para el tren superior e inferior (Aziz *et al.*, 2002; Platanou *et al.*, 2006; Tsekouras *et al.*, 2005). Los resultados de la investigación actual están en sintonía con estudios anteriores mostrando que un programa de entrenamiento de fuerza con diferentes metodologías (polimetría, combinado, excéntrico) puede aumentar significativamente el rendimiento de la fuerza (Adams *et al.*, 1992; Lyttle *et al.*, 1996; McBride *et al.*, 2002; Ramos-Veliz *et al.*, 2014, 2015; Sáez de Villarreal *et al.*, 2014, 2015). Curiosamente, nuestra investigación demostró que los aumentos en el rendimiento de la fuerza máxima han sido muy elevados tanto en el tren superior (13-41%) como en el tren inferior (6-25%). Estos hallazgos han sido confirmados por Ramos-Veliz *et al.*, (2014) quienes demostraron que el entrenamiento de fuerza específico mejora los valores de fuerza tanto en el tren superior (10,5%) como en el tren inferior (14,2%) en jugadores de WP. En el presente estudio, las mejoras para el tren superior en press de banca 1RM han sido incluso superiores que las observadas previamente (Ramos-Veliz *et al.*, 2014, 2015), posiblemente debido a las diferencias en el estado inicial de los jugadores, la duración del tratamiento (en temporada, en pretemporada), o los ejercicios planteados para el entrenamiento. Los resultados de esta investigación también coinciden con estudios que han demostrado que un programa combinado puede aumentar significativamente el rendimiento de la fuerza. Estos hallazgos han sido replicados por Gorostiaga *et al.*, (1999), debido a que el entrenamiento de fuerza específico mejora la resistencia de los músculos del tren superior (23%) y del tren inferior (12,2%) en jugadores de balonmano. En este estudio, las ganancias del tren superior fueron mayores que los observados previamente (Gorostiaga *et al.*,

1999), posiblemente debido a las diferencias del estado inicial de los jugadores o los ejercicios que se realizaron para el entrenamiento. El mayor aumento en la 1RM del tren inferior en este estudio podría explicarse por la importancia de la patada de piernas como una acción cíclica de la parte inferior del cuerpo y la combinación con el entrenamiento de agua y fuerza pueden haber mejorado las adaptaciones. Marques *et al.*, (2006) también observaron un aumento del 28% de 1RM en press de banca, después de 12 semanas de entrenamiento de fuerza (2-3 sesiones por semana) en jugadores de balonmano de alto nivel. Sin embargo, hay que destacar que las grandes mejoras en la capacidad de la fuerza pueden atribuirse por el uso de ejercicios excéntricos con metodologías isoinerciales (mejora del 41% en press banca y del 25% en sentadilla completa), ya que están caracterizados por una ejecución más enérgica y explosiva de la fase excéntrica, por lo tanto, aumentando la potencia y la fuerza máxima. La semejanza entre los patrones y la velocidad de movimiento común al entrenamiento y los tests, claramente han contribuido a una mayor mejora del rendimiento para estos grupos de entrenamiento. El principio de especificidad puede sugerir que haya una serie de factores cinéticos y cinemáticos que caracterizan a cada ejercicio (es decir, a través de un rango específico de movimiento, velocidad de ejecución, patrones de movimiento, y las técnicas de ejecución), que deben ser adecuadamente elegidas y ejecutadas para mejorar el rendimiento.

Lanzar a portería es una habilidad importante en el WP, que junto a la gran velocidad en el lanzamiento es un componente esencial para conseguir el propósito de marcar goles. Aquel jugador que lance el balón con la mayor precisión y lo más rápido posible hacia la portería, menos tiempo tendrán los defensores y los porteros para detener el balón. La fuerza del tren superior e inferior y del tronco, la técnica de lanzamiento, y la capacidad de salto vertical han sido previamente analizado por influir en la velocidad de lanzamiento (Ferragut *et al.*, 2011; McCluskey *et al.*, 2010; Stevens *et al.*, 2010; Martinez *et al.*, 2015). Los resultados de nuestra investigación concuerdan con los estudios que demuestran que un programa de entrenamiento combinado de fuerza y potencia puede aumentar significativamente el rendimiento de la velocidad de lanzamiento (9-24%). El resultado de estas metodologías de entrenamiento podría muy

probablemente traducirse en una mejora de la fuerza del tren superior y la estabilización del tronco que podrían haber contribuido a la mejora de la velocidad de lanzamiento más que a la mejora del tren inferior en el plano sagital. Sin embargo, la potencia no es suficiente para los jugadores que no tienen muy desarrollada esta habilidad.

El entrenamiento pliométrico o combinado de fuerza (con ejercicios para el tren superior e inferior con cargas entre 60-80% 1RM parece influir en la velocidad de lanzamiento positivamente (Van den Tillaar, 2004). Sin embargo, la metodología de entrenamiento que mayores mejoras logra en la velocidad de lanzamiento es la excéntrica (24%). Schmidbleicher *et al.*, (1987) podrían explicar esto, quienes atribuyen sus resultados al principio del tamaño de reclutamiento motor. Esto implica que el entrenamiento con cargas altas y con una orientación más excéntrica que concéntrica asegura el reclutamiento de unidades motoras de contracción rápida. Su argumento es que las cargas bajas no sobrecargan suficientemente el sistema neuromuscular para inducir una adaptación. Por otro lado, Bloomfield *et al.*, (1990) no encontraron mejoras en la velocidad de lanzamiento después del entrenamiento de fuerza incrementando el peso (entrenamiento piramidal), posiblemente es debido por el alto nivel de los jugadores o porque el régimen de entrenamiento no proporcionó un estímulo suficiente para todos los grupos musculares relacionados con la velocidad de lanzamiento. Una posible explicación para las diferencias en los resultados entre los estudios es el nivel de experiencia y rendimiento del grupo de entrenamiento. La alta relación entre la fuerza (tren superior e inferior) y la velocidad de lanzamiento presta apoyo a la teoría de que la velocidad de lanzamiento también se ve influida por la fuerza del tren inferior para mejorar la capacidad de propulsión del cuerpo fuera del agua. Sin embargo, es poco probable que sea suficiente en los jugadores con nivel más bajo cuya patada de piernas no es tan eficiente. El conocimiento del juego sugiere que la capacidad de elevar el cuerpo en el agua, aumentaría las opciones estratégicas para los jugadores durante la competición, permitiéndoles lanzar el balón más allá de los rivales o para interceptar o bloquear el balón

El tiempo de nado, la aceleración y los cambios rápidos de dirección son inherentes a la práctica y la competición en WP. Además, la mayoría de las distancias de sprint son cortos (por ejemplo, 10-15 metros). La fuerza y la velocidad son los dos factores principales que determinan el rendimiento de la velocidad de un nadador en su entrenamiento y la competición (Girolld *et al.*, 2007; Tanaka *et al.*, 1993). De hecho, algunos estudios detallan que la fuerza muscular se correlacionó significativamente con el tiempo de nado (Aspenes *et al.*, 2009; Tanaka *et al.*, 1998). Además, varios estudios de investigación explican que la producción de la fuerza muscular del tren superior se correlaciona altamente con el tiempo de nado en distancias cortas ($r = 0,87$) (Hawley *et al.*, 1991; Toussaint *et al.*, 1990). Varios autores (Costa *et al.*, 2009; Schmidtbleicher *et al.*, 1987) concluyen que el rendimiento en natación está significativamente asociado con la fuerza de los brazos en ejercicios de seco. Otros estudios sugieren que el tiempo de nado está más correlacionado con la fuerza específica producida en el medio acuático, siendo los tests mucho más específicos (Tanaka *et al.*, 1993). Los resultados de nuestra investigación coinciden con aquellos estudios que muestran que un programa de fuerza combinada (agua-seco) y alta intensidad pueden mejorar de manera significativa el rendimiento del tiempo de nado (5%) y de agilidad (7%). A nuestro entender, ningún estudio ha examinado la asociación entre el rendimiento de nado y la fuerza dinámica del tren superior e inferior en jugadores competitivos de WP.

Los ejercicios de press de banca y sentadilla completa fueron escogidos porque en general activan los mismos grupos musculares utilizados para nadar (Cronin *et al.*, 2007). Por tanto, el uso de ejercicios multi-articulares debe ser positivo para realizar asociaciones con un movimiento dinámico, como es la natación. Birrer *et al.*, (1986) señalaron la importancia de los ejercicios del press de banca y extensión de tríceps en la fase de empuje para todas las brazadas.

Watanabe *et al.*, (2005) analizaron los factores que contribuyen al rendimiento de la natación. Sus resultados sugieren que la fuerza muscular era un factor importante explicativo del rendimiento de natación por encima de 50 metros, en ambos sexos.

Otro factor que podría contribuir a los diferentes resultados entre las investigaciones anteriores con respecto a las asociaciones entre el rendimiento de natación es el entrenamiento y la experiencia del atleta. Debido a que hemos colaborado con jugadores profesionales de WP con un amplio bagaje y experiencia en competición, es probable que las mejoras en el rendimiento sean más difíciles de lograr.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones

1. Los resultados obtenidos demuestran que jugadores de élite jóvenes de waterpolo pueden mejorar la fuerza y potencia muscular, así como otros factores determinantes en el rendimiento del waterpolo como la velocidad de lanzamiento, velocidad de nado, capacidad de salto y agilidad en el agua, realizando diferentes modalidades de entrenamiento de alta intensidad durante 18 semanas.
2. El entrenamiento de alta intensidad realizado en exclusiva en el agua obtiene peores resultados en fuerza y potencia muscular, así como en algunos factores en el rendimiento del waterpolo como el salto vertical en agua y la velocidad de nado en 20m., en comparación con las otras modalidades de entrenamiento estudiadas.
3. El entrenamiento de alta intensidad que combina ejercicios en seco y en agua produce mayores mejoras que aquellos entrenamientos realizados únicamente en el agua o en seco.
4. El entrenamiento excéntrico realizado con medios isoinerciales presenta una mayor mejora en los niveles de fuerza máxima en comparación con las otras metodologías empleadas. Por otro lado, la metodología excéntrica con medio isoinerciales consiguió las mejoras más importantes en algunos parámetros de rendimiento del waterpolo como la capacidad de salto vertical en el agua y la velocidad de lanzamiento.
5. Las mejoras en el rendimiento son de gran importancia y aplicación práctica para la preparación de los jugadores de waterpolo. Se recomienda por tanto a los entrenadores implementar un programa de entrenamiento de fuerza y potencia muscular durante la temporada para mejorar el rendimiento de sus jugadores.

6. A tenor de los resultados se debería valorar la inclusión de ejercicios excéntricos con medios isoinerciales que parece mejorarían aún más la fuerza en los jugadores de este nivel.

CAPÍTULO VII:

LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

7.1 Limitaciones del estudio

Una posible limitación de nuestro estudio podría ser la pequeña muestra disponible, aunque a menudo no pueden encontrarse jugadores profesionales. Por lo tanto, podríamos sugerir una mejora en los resultados si hubiera un aumento del número de jugadores, los ejercicios y las semanas de tratamiento. Otro factor que podría contribuir a los diferentes resultados obtenidos entre las investigaciones anteriores con respecto al factor del tiempo de nado es el entrenamiento y la experiencia del atleta. Debido a que los jugadores profesionales de WP con amplia experiencia en el entrenamiento y a competición, es más probable que las mejoras sean más difíciles conseguir.

7.2 Futuras líneas de investigación

Teniendo los resultados de esta tesis muy presentes, se pueden plantear estudios similares utilizando tratamientos con periodos mayores de duración, con otro tipo de dispositivos de trabajo excéntrico (yo-yo, versa-pulley), con otro tipo de metodologías del entrenamiento de la fuerza como son la autocarga, TRX, Sistemas en suspensión (KINE).

También, los resultados obtenidos son relativos a una población muy concreta, jugadores juveniles. Sería muy interesante hacer este tipo de estudios con otras categorías, máxima categoría y con absolutos, tanto femenino como masculino.

Por último, se podrían plantear estudios donde existan metodologías de entrenamiento del waterpolo más integradas, con más intervención del balón, así como más estudios para entender mejor los diversos periodos que se dirigen a la

mejora del desarrollo de la fuerza-potencia con objetivo de elevar el rendimiento del waterpolo.

CAPÍTULO VIII:

BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO 8: BIBLIOGRAFIA

8.1 Referencias

1. Abraldes, J. A., Ferragut, C., Rodríguez, N., Alcaraz, P. E., & Vila, H. (2011). "Throwing velocity in elite waterpolo from different areas of the swimming pool." In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
2. Adams, K., O'Shea, J. P., O'Shea, K. L., & Climstein, M. (1992). "The effect of six weeks of squat, plyometric and squat plyometric training on power production." *Journal of applied sport science research*, 6(1), 36-41.
3. Alberty, M., Sidney, M., Huot-Marchand, F., Hespel, J. M., & Pelayo, P. (2005). "Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke." *International Journal of Sports Medicine*, 26(06), 471-475.
4. Aleksandrović, M., Naumovski, A., Radovanović, D., Georgiev, G., & Popovski, D. (2007). "The influence of basic motor abilities and anthropometric measures on the specific motor skills of talented waterpolo players." *Facta Universitatis-series: Physical Education and Sport*, 5(1), 65-74.
5. Aleksandrović, M., Radovanović, D., Okičić, T., Madić, D., & Georgiev, G. (2011). "Functional abilities as a predictor of specific motor skills of young waterpolo players." *Journal of human kinetics*, 29, 123-132.
6. Amaro, N. M., Marinho, D. A., Marques, M. C., Batalha, N. P., & Morouço, P. G. (2017). "Effects of dryland strength and conditioning programs in age group swimmers." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2447-2454.
7. Annesi, J. J., Westcott, W. L., Faigenbaum, A. D., & Unruh, J. L. (2005). "Effects of a 12 week physical activity protocol delivered by YMCA after school counselors (Youth Fit for Life) on fitness and self efficacy changes in 5-12 year old boys and girls." *Research quarterly for exercise and sport*, 76(4), 468-476.
8. Aragón Vargas, L. F. & M. M. Gross (1997). "Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences among individuals." *Journal of Applied Biomechanics* 13(1): 24-44.
9. Arabatzi, F., Kellis, E., & Sáez de Villarreal, E. (2010). "Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting, and combined (weight lifting+

- plyometric) training". *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2440-2448.
- 10.Asadi, A., Arazi, H., Young, W. B., & Sáez de Villarreal, E. (2016). "The effects of plyometric training on change of direction ability: A meta-analysis." *International journal of sports physiology and performance*, 11(5), 563-573.
 - 11.Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). "Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload." *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13(4), 244-250.
 - 12.Aspenes, S., Kjendlie, P. L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). "Combined strength and endurance training in competitive swimmers." *Journal of sports science & medicine*, 8(3), 357.
 - 13.Aspenes, S. T. & Karlsen, T. (2012). "Exercise training intervention studies in competitive swimming." *Sports Medicine* 42(6): 527-543.
 - 14.Aura, O. & Komi, P. V. (1986). "Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercise." *International journal of sports medicine* 7(03): 137-143.
 - 15.Aziz, A., Lee, Hc., Teh, KC. (2002). Pysiological characteristics of Singapore national waterpolo team players ." *Journal of sport medicine and physical fitness*, 42(3),315
 - 16.Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y. H., & Teh, K. C. (2007)."Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players." *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, The*, 47(4), 401.
 - 17.Baker, D. (1996). "Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 10: 131-136.
 - 18.Baxter-Jones, A. D. G., Helms, P., Maffulli, N., Baines-Preece, J. C., & Preece, M. (1995)."Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study." *Annals of human biology*, 22(5), 381-394.
 - 19.Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & Lopez, R. M. (2015)."Plyometric training effects on athletic performance in youth soccer athletes: a systematic review." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2351-2360.

- 20.Behm, D. G. & Sale, D. G. (1993). "Intended rather than actual movement velocity determines velocity specific training response." *Journal of Applied Physiology* 74(1): 359-368.
- 21.Behringer, M., vom Heede, A., Yue, Z., & Mester, J. (2010). "Effects of resistance training in children and adolescents: a meta-analysis." *Pediatrics*, 126(5), e1199-e1210.
- 22.Bennett, M. B., Ker1, R. F., Imery, N. J., & Alexander1, R. M. (1986). "Mechanical properties of various mammalian tendons". *Journal of Zoology*, 209(4), 537-548.
- 23.Beunen, G., & Malina, R. M. (1988). "Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt". *Exercise and sport sciences reviews*, 16(1), 503-540.
- 24.Beunen, G., & Malina, R. M. (2008). " Growth and biologic maturation: relevance to athletic performance." *H. Hebestreit, O. Bar-or, The young athlete Massachusetts: Blackwell Publishing*, 3-18.
- 25.Birrer, P. (1986). "The shoulder, EMG and the swimming stroke." *Journal of Swimming Research* 2(5): 20-23.
- 26.Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). " Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated sprint ability in women". *European journal of applied physiology*, 92(4-5), 540-547.
- 27.Blakey, J. B. & Southard, D. (1987). "The combined effects of weight training and plyometrics on dynamic leg strength and leg power." *Journal of Applied Sports Science Research* 1(1): 14-16.
- 28.Blimkie, C. J., Lefevre, J., Beunen, G. P., Renson, R., Dequeker, J., & Van, P. D. (1993). "Fractures, physical activity, and growth velocity in adolescent Belgian boys". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(7), 801-808.
- 29.Bloomfield, J., Blanksby, B. A., Ackland, T. R., & Allison, G. T. (1990). "The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite waterpolo players". *Australian Journal Science Medicine Sport*, 22(3), 63-67.
- 30.Bobbert, M. F. (1990). "Drop jumping as a training method for jumping ability." *Sports Medicine* 9(1): 7-22.
- 31.Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). "Why is countermovement jump height greater than squat jump height?" *Medicine and science in sports and exercise*, 28, 1402-1412.
- 32.Bobbert, M. F., & Huijing, P. A. (1987). "Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping." *Medicine and science in sports and exercise*, 19(4), 332-338.

33. Bobbert, M. F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijing, P. A., & van Ingen Schenau, G. J. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 54(6), 566-573.
34. Bosco, C., Viitasalo, J.T., Komi, P.V., & Luhtanen, P. (1982). "Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise." *Acta Physiologica Scyinaica* 114(4): 557-565.
35. Botonis, P. G., Toubekis, A. G., & Platanou, T. I. (2019). "Physiological and tactical on-court demands of water polo". *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(11), 3188-3199.
36. Bryenburg, J. & Docherty, D. (2006). "The effect of training volume on the acute response and adaptations to resistance training." *International journal of sports physiology and performance* 1(2): 108-121.
37. Bryon, R. (2002). "Why High Intensity Training is a Better Model Than High Volume Training for Swimmers, Especially Sprinters." *Peak Performance* 167: 8-14.
38. Brown, M. E. (1986). "Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players." *Journal Sport Medicine Physiology Fitness* 26: 1-4.
39. Brown, P. I., Hughes, M. G., & Tong, R. J. (2007). "Relationship between $\dot{V}O_2^{\text{sub } 2\text{max}}$ and repeated sprint ability using non-motorised treadmill ergometry." *Journal of sports medicine and physical fitness*, 47(2), 186.
40. Calleja, J. & Lorenzo, A. (2010). "Factores condicionantes del desarrollo deportivo." Bizkaia, España: Diputación Foral de Bizkaia. Dirección General de Deportes.
41. Carvalho, A., Mourão, P., & Abade, E. (2014). "Effects of strength training combined with specific plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: a case study." *Journal of human kinetics*, 41(1), 125-132.
42. Castagna, C., Vera, J. G., D'Ottavio, S., & Álvarez, J. C. B. (2007). 18. "High intensity training". *Journal of Sports Science and Medicine*, 10.
43. Chaabene, H., & Negra, Y. (2017). "The effect of plyometric training volume on athletic performance in prepubertal male soccer players." *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1205-1211.
44. Chelly, M. S., Chérif, N., Amar, M. B., Hermassi, S., Fathloun, M., Bouhlel, E., Tabka, Z. & Shephard, R. J. (2010). "Relationships of peak leg power, 1 maximal repetition half back squat, and leg muscle volume to 5-m sprint performance of

- junior soccer players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 266-271.
45. Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). "Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
 46. Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010). "Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480-1487.
 47. Chia, M. (2000). "Assessing young people's exercise using anaerobic performance tests." *European Journal of Physical Education* 5(2): 231-258.
 48. Chimera, N. J., Swanik, K. A., Swanik, C. B., & Straub, S. J. (2004). "Effects of plyometric training on muscle activation strategies and performance in female athletes." *Journal of athletic training*, 39(1), 24.
 49. Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Pilianidis, T., & Tokmakidis, S. P. (2006). "Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 783-791.
 50. Chu, D. C. (1983). "Plyometrics: The link between strength and speed." *Strength and Conditioning Journal* 5(2): 20-21.
 51. Clarys, J. (1979). "Human morphology and hydrodynamics." *Swimming III* 8: 3-41.
 52. Clarys, J. (1983). "Biomechanical and morphological aspects of waterpolo." *Collected papers on sports biomechanics. Nedllys (WA): University of Western Australia*: 102-132.
 53. Clutch, D., Wilton, M., McGown, C., & Bryce, G. R. (1983). "The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump." *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(1), 5-10.
 54. Cometti, G. (1999). *Fútbol y musculación*, Inde.
 55. Comfort, P., Haigh, A., & Matthews, M. J. (2012). "Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players?" *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 772-776.
 56. Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). "Relationships between strength, sprint, and jump performance in well trained youth soccer players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 173-177.

57. Costa, A. M., Silva, A. J., Louro, H., Reis, V. M., Garrido, N. D., Marques, M. C., & Marinho, D. A. (2009). "Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers?" *Journal of sports science & medicine*, 8(1), 17.
58. Costello, F. (1984). "Football: Using weight training and plyometrics to increase explosive power for football." *Strength and Conditioning Journal* 6(2): 22-25.
59. Costill, D. L., King, D. S., Holdren, A. (1983). "Sprint speed vs. swimming power." *Swimming Technique* 20: 20-22
60. Costill, D. L., King, D. S., Thomas, R., & Hargreaves, M. (1985). "Effects of reduced training on muscular power in swimmers." *The Physician and sports medicine*, 13(2), 94-101.
61. Crewther, B., Keogh, J., Cronin, J., & Cook, C. (2006). "Possible stimuli for strength and power adaptation." *Sports medicine*, 36(3), 215-238.
62. Cronin, J., Jones, J., & Frost, D. (2007). "The Relationship Between Dry Land Power Measures and Tumble Turn Velocity in Elite Swimmers." *Journal of Swimming Research*, 17.
63. Cronin, J. & Sleivert, G. (2005). "Challenges in understating the influence of maximal power training on improving athletic performance." *Sports Medicine* 35(3): 213-234.
64. Cronin, J., Jones, J., & Frost, D. (2007). "The Relationship Between Dry-Land power measures and tumble turn velocity in elite swimmers." *Journal of Swimming Research*, 17.
65. Crowe, S., Babington, J., Tanner, D., & Stager, J. (1999). "The relationship of strength to dryland power, swimming power, and swim performance." *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5).
66. Crowley, E., Harrison, A. J., & Lyons, M. (2017). "The impact of resistance training on swimming performance: A systematic review." *Sports medicine*, 47(11), 2285-2307.
67. Crowley, E., Harrison, A. J., & Lyons, M. (2018). "Dry-Land Resistance Training Practices of Elite Swimming Strength and Conditioning Coaches." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2592-2600.
68. Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2015). "Effect on swimming start performance of two types of activation protocols: lunge and YoYo squat." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 647-655.
69. Cunningham, D., West, D., Owen, N., Shearer, D., Finn, C., Bracken, R., Crewther, B.T., Scott, P., Cook, C. & Kilduff, L. (2016). "Strength and power predictors of

- sprinting performance in professional rugby players." *The Journal of Sports Medicine and Physical fitness* 2013;53:1-2
- 70.Dahab, K. S. & McCambridge, T. M. (2009). "Strength training in children and adolescents: raising the bar for young athletes?" *Sports Health* 1(3): 223-226.
 - 71.Dale, B. (2007). "Deep water running for injured runners." *Athletic Therapy Today* 12(2): 8-10.
 - 72.Davis, T. & Blanksby, B. (1977). "A cinematographic analysis of the overhy waterpolo throw." *The Journal of sports medicine and physical fitness* 17(1): 5-16.
 - 73.Dawson, B., Fitzsimons, M., & Ward, D. (1993). "The relationship of repeated sprint ability to aerobic power and performance measures of anaerobic work capacity and power." *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25, 88-88.
 - 74.Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). "Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 353-358.
 - 75.de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). "Effects of a 10 week in season eccentric overload training program on muscle injury prevention and performance in junior elite soccer players." *International journal of sports physiology and performance*, 10(1), 46-52.
 - 76.De Siati, F., Laffaye, G., Gatta, G., Dello Iacono, A., Ardigò, L. P., & Padulo, J. (2016). "Neuromuscular and technical abilities related to age in waterpolo players." *Journal of sports sciences*, 34(15), 1466-1472.
 - 77.Debanne, T. & Laffaye, G. (2011). "Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests." *Journal of sports sciences* 29(7): 705-713.
 - 78.Delecluse, C., Van, H. C., Willems, E., Van, M. L., Diels, R., & Goris, M. (1995). "Influence of high resistance and high velocity training on sprint performance." *Medicine and science in sports and exercise*, 27(8), 1203-1209.
 - 79.DeRenne, C., Ho, K. W., & Murphy, J. C. (2001). "Effects of general, special, and specific resistance training on throwing velocity in baseball: a brief review." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 148-156.
 - 80.Diallo, O., Dore, E., Duche, P., & Van Praagh, E. (2001). "Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players." *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(3), 342.

- 81.Docherty, D. (1987). "The effects of variable speed resistance training on strength development in prepubertal boys." *Journal of Human Movement Studies* 13: 337-382.
- 82.Dominguez Castells, R. & Arellano, R. (2011). Muscular and arm crawl stroke power: evaluating their relationship. *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- 83.Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). "Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review." *Sports Medicine*, 47(5), 917-941.
- 84.Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017)." Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses". *Sports Medicine*, 47(4), 663-675.
- 85.Driss, T., Vandewalle, H., & Monod, H. (1998). "Maximal power and force-velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players." *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38, 286-93.
- 86.Earle, R. & Baechle, T. R. (2004). "The NSCA's Essentials of Personal Training text." *Strength and Conditioning Journal* 26(2): 76-77.
- 87.Elliott, B. C. & Armour, J. (1988). "The penalty throw in waterpolo: a cinematographic analysis." *Journal of sports sciences* 6(2): 103-114.
- 88.Elliott, B. C., Wilson, G. J., & Kerr, G. K. (1989). "A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press." *Medicine Science Sports Exercise*, 21(4), 450-462.
- 89.Emery, C. & Meeuwisse, W. (2010). "The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster rymised controlled trial." *British journal of sports medicine* 44(8): 555-562.
- 90.Enoka, R. M. (1996). "Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system." *Journal of applied physiology* 81(6): 2339-2346.
- 91.Faigenbaum, A. D. (2007). "State of the Art Reviews: Resistance Training for Children and Adolescents: Are There Health Outcomes?" *American Journal of Lifestyle Medicine* 1(3): 190-200.
- 92.Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). "Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, S60-S79.
- 93.Faigenbaum, A. D. & Mediate, P. (2006). "Effects of medicine ball training on fitness performance of high school physical education students." *Physical Educator* 63(3): 160.

94. Faigenbaum, A. D. & Myer, G. D. (2009). "Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects." *British journal of sports medicine*, 44(1), 56-63.
95. Falk, B. & Eliakim, A. (2003). "Resistance training, skeletal muscle and growth." *Pediatric endocrinology reviews*: 1(2): 120-127.
96. Falk, B., Lidor, R., Lander, Y., & Lang, B. (2004). "Talent identification and early development of elite waterpolo players: a 2 year follow up study." *Journal of sports sciences*, 22(4), 347-355.
97. Falk, B. & Tenenbaum, G. (1996). "The effectiveness of resistance training in children." *Sports Medicine* 22(3): 176-186.
98. Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000). "Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476.
99. Feltner, M. E. & Nelson, S. T. (1996). "Three dimensional kinematics of the throwing arm during the penalty throw in waterpolo." *Journal of Applied Biomechanics* 12(3): 359-382.
100. Fernyes, R. & Vilas-Boas, J. (2012). "Time to exhaustion at the VO2max velocity in swimming: a review." *Journal of human kinetics* 32: 121-134.
101. Ferragut, C., Abraldes, J., Vila, H., Rodriguez, N., Argudo, F., & Fernandes, R. (2011). "Anthropometry and throwing velocity in elite waterpolo by specific playing positions." *Journal of Human Kinetics*, 27, 31-44.
102. Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calagno, G & di Cagno, A. (2020). "Isoinertial eccentric-overload training in young soccer players: Effects on strength, sprint, change of direction, agility and soccer shooting precision". *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(1), 213-223
103. Fitzsimons, M., Dawson, B., Ward, D., & Wilkinson, A. (1993). "Cycling and running tests of repeated sprint ability." *Australian journal of science and medicine in sport*, 25, 82-82
104. Fleck, S. J. & Kraemer, W. (1997). "Designing resistance training programs." *Human kinetics, USA*.
105. Fleck, S. J. & Kraemer, W. (2014). "Designing Resistance Training Programs", 4E, *Human Kinetics*.

106. Fleck, S. J., Smith, S. L., Craib, M. W., Denahan, T., Snow, R. E., & Mitchell, M. L. (1992). "Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 6(2), 120-124.
107. Ford Jr, H. T., Puckett, J. R., Drummond, J. P., Sawyer, K., Gantt, K., & Fussell, C. (1983). "Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items." *Perceptual and Motor Skills*, 56(3), 919-922.
108. Forestier, N. & Nougier, V. (1998). "The effects of muscular fatigue on the coordination of a multijoint movement in human." *Neuroscience letters* 252(3): 187-190.
109. Fry, A. C., Kraemer, W. J., Weseman, C. A., Conroy, B. P., Gordon, S. E., Hoffman, J. R., & Maresh, C. M. (1991). "The effects of an off season strength and conditioning program on starters and non starters in women's intercollegiate volleyball." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 5(4), 174-181.
110. Galy, O., Zoubir, S. B., Hambli, M., Chaouachi, A., Hue, O., & Chamari, K. (2014). "Relationships between heart rate and physiological parameters of performance in top level water polo players." *Biology of sport*, 31(1), 33.
111. Gambetta, V. (1978). "Plyometric training." *Track and Field Quarterly Review* 78(1): 58-59.
112. Gamble, P. (2013). "Strength and conditioning for team sports: sport-specific physical preparation for high performance", (2nd ed.). New York: *Routledge*.
113. Garrido, N., Marinho, D. A., Barbosa, T., Costa, A. M., Silva, A. J., Perez-Turpin, J.A., & Marques, M.C. (2010). "Relationships between dryland strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers." *Journal of human sport and exercise*, (II), 240-249.
114. Garrido, N., Marinho, D. A., Reis, V. M., van den Tillaar, R., Costa, A. M., Silva, A. J., & Marques, M. C. (2010). "Does combined dryland strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?" *The Journal of sports science & medicine*, 9(2), 300.
115. Gehri, D. J., Ricard, M. D., Kleiner, D. M., & Kirkendall, D. T. (1998). "A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 12, 85-89.
116. Gemar, J. A. (1986). "The effects of weight training and plyometric training on vertical jump, styling long jump and forty meter sprint, Brigham Young University." *Department of Physical Education*.
117. Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). "Repeated sprint ability—Part I." *Sports medicine*, 41(8), 673-694.

118. Girolld, S., Jalab, C., Bernard, O., Carette, P., Kemoun, G., & Dugué, B. (2012). "Dry land strength training vs. electrical stimulation in sprint swimming performance." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 497-505.
119. Girolld, S., Maurin, D., Dugue, B., Chatard, J., & Millet, G. (2007). "Effects of dryland vs. resisted and assisted sprint exercises on swimming sprint performances." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 599.
120. Glaister, M. (2005). "Multiple sprint work." *Sports Medicine* 35(9): 757-777.
121. González-Badillo, J. J. & Gorostiaga-Ayestarán, E. (2002). "Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo", *Inde*.
122. González-Badillo, J. J. & Ribas-Serna, J. (2002). "Bases de la programación del entrenamiento de fuerza", *Inde*.
123. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, 31(05), 347-352.
124. Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., Moras, G. & Mendez-Villanueva, A. (2017). "Eccentric overload training in team sport functional performance: Constant bilateral vertical versus variable unilateral multidirectional movements." *International journal of sports physiology and performance*, 12(7), 951-958.
125. Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibañez, J., & Izquierdo, M. (2005). "Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players." *International journal of sports medicine*, 26(03), 225-232.
126. Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibañez, J., González-Badillo, J.J., & Izquierdo, M. (2006). "Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players." *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(2), 357-366.
127. Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., & Ibañez, J. (1999). "Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 485-493.
128. Greenwood, J., Morrissey, M. C., Rutherford, O. M., & Narici, M. V. (2007). "Comparison of conventional resistance training and the fly-wheel ergometer for training the quadriceps muscle group in patients with unilateral knee injury." *European journal of applied physiology*, 101(6), 697-703.
129. Guy, J. A. & Micheli, L. J. (2001). "Strength training for children and adolescents." *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 9(1): 29-36.

130. Häkkinen, K., Alen, M., & Komi, P. V. (1985). "Changes in isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining." *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 573-585.
131. Hammett, J. B. & Hey, W. T. (2003). "Neuromuscular adaptation to short term (4 weeks) ballistic training in trained high school athletes." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 17(3): 556-560.
132. Harrison, A. J. & Gaffney, S. (2001). "Motor development and gender effects on stretch shortening cycle performance." *Journal of Science and Medicine in Sport* 4(4): 406-415.
133. Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., & Franklin, B. A. (2001). "Prescription of resistance training for healthy populations." *Sports medicine*, 31(14), 953-964.
134. Hatze, H. (1998). "Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance." *Journal of Applied Biomechanics* 14(2): 127-140.
135. Hawley, J. & Williams, M. (1991). "Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance." *International Journal of Sports Medicine* 12(01): 1-5.
136. Hawley, J. A., Williams, M. M., Vickovic, M. M., & Handcock, P. J. (1992). "Muscle power predicts freestyle swimming performance." *British journal of sports medicine*, 26(3), 151-155.
137. Hebbelinck, M., Carter, L., & De Garay, A. (1975). "Body build and somatotype of Olympic swimmers, divers and waterpolo players." *Swimming II*, 285-305.
138. Heidt, R. S., Sweeterman, L. M., Carlonas, R. L., Traub, J. A., & Tekulve, F. X. (2000). "Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning." *The American journal of sports medicine*, 28(5), 659-662.
139. Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). "Effects of 8 week in season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424-2433.
140. Hetherington, M. R. (1976). "Effect of isometric training on the elbow flexion force torque of grade five boys." *Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation* 47(1): 41-47.
141. Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). "Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques." *The American journal of sports medicine*, 24(6), 765-773.

- 142.Hohmann, A. & Frase, R. (1992). "Analysis of swimming speed and energy metabolism in competition waterpolo games." *Swimming science VI: biomechanics and medicine in swimming*. E& FN Spon, London: 313-319.
- 143.Holcomb, W. R., Kleiner, D. M., & Chu, D. A. (1998)." Plyometrics: Considerations for safe and effective training." *Strength and Conditioning Journal*, 20(3), 36-41.
- 144.Hollander, A. P. (1994). "Physiological strain during competitive waterpolo games and training." *Medicine and Science in Aquatic Sports*, Miyashita, 178-185.
- 145.Housle, B. (2006). "Aquatic resistance training." *Strength and Conditioning Journal* 28(2): 41.
- 146.Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Bravo, D. F., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008)." Validity of a repeated sprint test for football." *International journal of sports medicine*, 29(11), 899-905.
- 147.Inbar, O. & Bar-Or, O. (1977). "Relationships of anaerobic and aerobic arm and leg capacities to swimming performance of 8–12 year old children." *Frontiers of activity y child health*: 283-292.
- 148.Irvin, J. & Johnson, A. (2000). "Aquatic dynamics: A sport specific supplemental physical conditioning program." *Journal of Aquatic Physical Therapy* 8(1): 10-12.
- 149.Johnson, R. E., Sharp, R. L., & Hedrick, C. E. (1993)." Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: a multiple regression approach." *Journal Swimming Research*, 9(1), 10-4.
- 150.Jones, J. V., Pyne, D. B., Haff, G. G., & Newton, R. U. (2018)." Comparison of ballistic and strength training on swimming turn and dryland leg extensor characteristics in elite swimmers." *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(2), 262-269.
- 151.Jöris, H. J. J., Van Muyen, A. E., van Ingen Schenau, G. J., & Kemper, H. C. G. (1985)." Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players." *Journal of biomechanics*, 18(6), 409-414.
- 152.Kaufman, L. B. & Schilling, D. L. (2007). "Implementation of a strength training program for a 5 year old child with poor body awareness and developmental coordination disorder." *Physical therapy* 87(4): 455-467.
- 153.Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., Caruso, O., Immesberger, P., & Zawieja, M. (2013). "Strength performance in youth: trainability of adolescents and children in the back and front squats." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 357-362.
- 154.Keiner, M., Yaghobi, D., Sander, A., Wirth, K., & Hartmann, H. (2015). "The influence of maximal strength performance of upper and lower extremities and

- trunk muscles on different sprint swim performances in adolescent swimmers." *Science & Sports*, 30(6), e147-e154.
- 155.Keohane, A. L. (1977)."The effects of a six week depth jumping program on the vertical jumping ability of figure skaters", (Doctoral dissertation, *University of British Columbia*.)
 - 156.Kibele, A. (1999). "Possible errors in the comparative evaluation of drop jumps from different heights." *Ergonomics* 42(7): 1011-1014.
 - 157.Kobal, R., Loturco, I., Barroso, R., Gil, S., Cuniyochi, R., Ugrinowitsch, C., Roschel, H.& Tricoli, V. (2017). "Effects of different combinations of strength, power, and plyometric training on the physical performance of elite young soccer players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1468-1476.
 - 158.Komi, P. (1986). "The stretch-shortening cycle and human power output." *Human muscle power*: 27-39.
 - 159.Kondrič, M., Uljević, O., Gabrilo, G., Kontić, D., & Sekulić, D. (2012)." General anthropometric and specific physical fitness profile of high level junior waterpolo players." *Journal of human kinetics*, 32, 157-165.
 - 160.Kraemer, W. J. & Newton, R. U. (1994). "Training for improved vertical jump." *Sports Science Exchange/Gatorade Sports Science Institute* 7(6).
 - 161.Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2004). "Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription." *Medicine and science in sports and exercise* 36(4): 674-688.
 - 162.Kubo, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2001)." Is passive stiffness in human muscles related to the elasticity of tendon structures?" *European journal of applied physiology*, 85(3-4), 226-232.
 - 163.Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw S. T. & Goodpaster, B. (2002)." Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise." *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 552-559.
 - 164.Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014)." The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials." *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871-877.
 - 165.Laurent, S., Cockcroft, J., Van Bortel, L., Boutouyrie, P., Giannattasio, C., Hayoz, D., Pannier, B., Vlachopoulos, C., Wilkinson, I. & Struijker-Boudier, H. (2006). "Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications." *European heart journal*, 27(21), 2588-2605.

166. Lephart, S. M., Abt, J. P., Ferris, C. M., Sell, T. C., Nagai, T., Myers, J. B., & Irrgang, J. J. (2005). "Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program." *British journal of sports medicine*, 39(12), 932-938.
167. Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., & Logan, P. A. (1999). "Concurrent strength and endurance training." *Sports medicine*, 28(6), 413-427.
168. Lewin, G. (1983). *Instrucción básica del waterpolo natación*. Madrid.
169. Lillegard, W. A., Brown, E. W., Wilson, D. J., Henderson, R., & Lewis, E. (1997). "Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: effects of gender and maturity." *Pediatric rehabilitation*, 1(3), 147-157.
170. Lloret Riera, M. (1998). *Waterpolo, técnica-táctica-estrategia*, Gymnos.
171. Lloyd, R. S. & Oliver, J. L. (2012). "The youth physical development model: A new approach to long term athletic development." *Strength and Conditioning Journal* 34(3): 61-72.
172. López-Calbet, J. A., Arteaga, R., Chavaren, J., & Dorado, C. (1995). "Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. Factores neuromusculares." *Archivos de Medicina del Deporte*, 12(47), 219-223.
173. Loturco, I., Barbosa, A. C., Nocentini, R. K., Pereira, L. A., Kobal, R., Kitamura, K., Abad C., Figueiredo, P. & Nakamura, F. Y. (2016). "A correlational analysis of tethered swimming, swim sprint performance and dryland power assessments." *International journal of sports medicine*, 37(03), 211-218.
174. Lozovina, V. (1986). "The characteristic of waterpolo players in the morphological space." *Kinanthropometry III. London: E & FN Spon*: 215-220.
175. Lozovina, V. & Pavicic, L. (2004). "Anthropometric changes in elite male waterpolo players: survey in 1980 y 1995." *Croatian medical journal* 45(2): 202-205.
176. Lozovina, V., Pavičić, L., & Lozovina, M. (2003). "Analysis of indicators of load during the game in activity of the second line attacker in waterpolo." *Collegium antropologicum*, 27(1), 343-350.
177. Luebbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., & Lockwood, R. H. (2003). "Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 704-709.
178. Lundin, P. (1985). "Plyometrics: A review of plyometric training." *Strength and Conditioning Journal* 7(3): 69-76.

- 179.Lupo, C., Tessitore, A., Minganti, C., & Capranica, L. (2010). "Notational analysis of elite and sub-elite waterpolo matches." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 223-229.
- 180.Lyttle, A. D., Wilson, G. J., & Ostrowski, K. J. (1996). "Enhancing performance: Maximal power versus combined weights and plyometrics training." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 173-179.
- 181.Maeo, S., Shan, X., Otsuka, S., Kanehisa, H., & Kawakami, Y. (2018). "Neuromuscular adaptations to work matched maximal eccentric versus concentric training." *Medicine and science in sports and exercise*, 50(8), 1629.
- 182.Maffiuletti, N. A., Dugnani, S., Folz, M., Di, E. P., & Mauro, F. (2002). "Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height." *Medicine and science in sports and exercise*, 34(10), 1638-1644.
- 183.Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*, Human Kinetics.
- 184.Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, United States of America: Human kinetics.
- 185.Markovic, G. (2007). "Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytic review." *British journal of sports medicine*.41(6),349-355.
- 186.Markovic, G. & Mikulic, P. (2010). "Neuro musculoskeletal and performance adaptations to lower extremity plyometric training." *Sports Medicine* 40(10): 859-895.
- 187.Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2017). "Functional and muscle size effects of flywheel resistance training with eccentric overload in professional handball players." *Journal of human kinetics*, 60(1), 133-143.
- 188.Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). "Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis." *Journal of science and medicine in sport*, 20(10), 943-951.
- 189.Marques, M. A. C. & J. J. González-Badillo (2006). "In season resistance training and detraining in professional team handball players." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 20(3): 563.
- 190.Martel, G. F., Harmer, M. L., Logan, J. M., & Parker, C. B. (2005). "Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players." *Medicine and science in sports and exercise*, 37(10), 1814-1819.
- 191.Martínez, J. G., Vila, M. H., Ferragut, C., Noguera, M. M., Abalades, J. A., Rodríguez, N., Freeston, J., & Alcaraz, P. E. (2015). "Position-specific

- anthropometry and throwing velocity of elite female water polo players". *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 472-477.
192. Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., & Jaric, S. (2001). "Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players." *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(2), 159-164.
 193. Matos, N. & Winsley, R. J. (2007). "Trainability of young athletes and overtraining." *Journal of sports science & medicine* 6(3): 353.
 194. McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). "The effect of heavy vs. light load jump squats on the development of strength, power, and speed." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75-82.
 195. McCluskey, L., Lynskey, S., Leung, C. K., Woodhouse, D., Briffa, K., & Hopper, D. (2010). "Throwing velocity and jump height in female waterpolo players: Performance predictors." *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 236-240.
 196. McEvoy, K. P. & Newton, R. U. (1998). "Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 12(4): 216-221.
 197. McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). "The physiological load imposed on basketball players during competition." *Journal of sports sciences*, 13(5), 387-397.
 198. McMaster, W. C., Long, S. C., & Caiozzo, V. J. (1991). "Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite waterpolo player." *The American journal of sports medicine*, 19(1), 72-75.
 199. Meckel, Y., Bishop, D., Rabinovich, M., Kaufman, L., Nemet, D., & Eliakim, A. (2013). "Repeated sprint ability in elite waterpolo players and swimmers and its relationship to aerobic and anaerobic performance." *Journal of sports science and medicine*, 12(4), 738.
 200. Meckel, Y., Bishop, D. J., Rabinovich, M., Kaufman, L., Nemet, D., & Eliakim, A. (2012). "The relationship between short and long distance swimming performance and repeated sprint ability." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3426-3431.
 201. Meckel, Y., Machnai, O., & Eliakim, A. (2009). "Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 163-169.
 202. Medica, E. M. (2017). "Predicting playing status in professional waterpolo players: analysis by gender." *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 58(9), 1234-1239.

- 203.Mészáros, J., Soliman, Y., Othman, M., & Mohácsi, J. (1998). "Body composition and peak aerobic power in international level Hungarian athletes." *Facta universitatis-series: Physical Education*, 1(5), 21-27.
- 204.Miller, M. G., Berry, D. C., Bullard, S., & Gilders, R. (2002). "Comparisons of land based and aquatic based plyometric programs during an 8 week training period." *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(4), 268-283.
- 205.Miller, M. G., Berry, D. C., Gilders, R., & Bullard, S. (2001). "Recommendations for implementing an aquatic plyometric program." *Strength and Conditioning Journal*, 23(6), 28-35.
- 206.Miller, M. G., Cheatham, C. C., Porter, A. R., Ricard, M. D., Hennigar, D., & Berry, D. C. (2007). "Chest and waist deep aquatic plyometric training and average force, power, and vertical jump performance." *International Journal of Aquatic Research and Education*, 1(2), 6.
- 207.Miyashita, M. (1975). "Arm action in the crawl stroke." *Swimming II* 2: 167-173.
- 208.Mjølsnes, R., Arnason, A., Østhagen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). "A 10 week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well trained soccer players." *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 14(5), 311-317.
- 209.Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Lopes, V. P., & Barbosa, T. M. (2017). "Determinant factors of long term performance development in young swimmers." *International journal of sports physiology and performance*, 12(2), 198-205.
- 210.Moran, J. (2017). The effectiveness of resistance, plyometric and sprint training at different stages of maturation in male youth athletes, (Doctoral dissertatioin, *University of Essex*).
- 211.Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). "Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance." *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 161-169.
- 212.Morouço, P., Neiva, H., González-Badillo, J., Garrido, N., Marinho, D., & Marques, M. (2011). "Associations between dryland strength and power measurements with swimming performance in elite athletes: a pilot study." *Journal of human kinetics*, 29(Special Issue), 105-112.
- 213.Mujika, I., Chatard, J. C., Busso, T., Geyssant, A., Barale, F., & Lacoste, L. (1995). "Effects of training on performance in competitive swimming." *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20(4), 395-406.
- 214.Mujika, I. & Crowley, E. (2019). "Strength training for swimmers." *In Cocurrent aerobic and Strength training* (pp. 369-386). Springer, Cham.

215. Muniz-Pardos, B., Gomez-Bruton, A., Matute-Llorente, A., Gonzalez-Aguero, A., Gomez-Cabello, A., Gonzalo-Skok, O., Casajus, J., & Vicente-Rodriguez, G. (2019). "Swim-Specific Resistance Training: A Systematic Review." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 33, Issue 10, p. 2875-2881.
216. Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Chu, D. A., Falkel, J., Ford, K. R., Best, T. M., & Hewett, T. E. (2011). "Integrative training for children and adolescents: techniques and practices for reducing sports related injuries and enhancing athletic performance." *The Physician and sports medicine*, 39(1), 74-84.
217. Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2006). "The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 345.
218. Naclerio Ayllón, F. (2011). "Entrenamiento Deportivo Fundamentos y Aplicaciones en diferentes deportes", *Editorial Médica Panamericana*.
219. Naclerio-Ayllón, F. & Jiménez-Gutiérrez, A. (2008). "Strength training against resistance: how to determine the training zones." *Journal of Human Sport y Exercise* 2(2): 42-52.
220. Naczki, M., Lopacinski, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Naczki, A., & Adach, Z. (2017). "Influence of short term inertial training on swimming performance in young swimmers." *European journal of sport science*, 17(4), 369-377.
221. Naughton, G., Farpour-Lambert, N. J., Carlson, J., Bradney, M., & Van Praagh, E. (2000). "Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes." *Sports Medicine*, 30(5), 309-325.
222. Newton, R. U., Jones, J., Kraemer, W. J., & Wardle, H. (2002). "Strength and power training of Australian Olympic swimmers." *Strength and Conditioning Journal*, 24(3), 7-15.
223. Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Haekkinen, K. E. I. J. O. (1999). "Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players." *Medicine and science in sports and exercise*, 31, 323-330.
224. Newton, R. U. & McEvoy, K. P. (1994). "Baseball throwing velocity: A comparison of medicine ball training and weight training." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(3): 198-203.
225. Nicholas, C. W. (1997). "Anthropometric and physiological characteristics of rugby union football players." *Sports Medicine* 23(6): 375-396.

- 226.Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2008)." Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. "*European journal of applied physiology*, 102(3), 271-281.
- 227.Norrbrand, L., Tous-Fajardo, J., Vargas, R., & Tesch, P. A. (2011). "Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat." *Aviation, space, and environmental medicine*, 82(1), 13-19.
- 228.Norton, K. & Olds, T. (2001). "Morphological evolution of athletes over the 20th century." *Sports Medicine* 31(11): 763-783.
- 229.Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018)." The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players." *PloS one*, 13(3), e0193841.
- 230.Oliveira, J. & Guedes, M. D. G. P. (1997). "La enseñanza de los juegos deportivos", *Paidotribo*.
- 231.Onambélé, G. L., Maganaris, C. N., Mian, O. S., Tam, E., Rejc, E., McEwan, I. M., & Narici, M. V. (2008)." Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons." *Journal of biomechanics*, 41(15), 3133-3138.
- 232.Pavlik, G., Olexó, Z., Osvath, P., Sido, Z., & Frenkl, R. (2001)." Echocardiographic characteristics of male athletes of different age." *British journal of sports medicine*, 35(2), 95-99.
- 233.Payne, V. G., Morrow Jr., J. R., Johnson L., Dalton, S. N. (1997). "Resistance training in children and youth: a meta-analysis." *Research quarterly for exercise and sport* 68(1): 80-88.
- 234.Pelot, T., & Darmiento, A. (2012). "Strength and power training for the elite swimmer: can weights positively impact elite swim performance when "elite performance" requires 15–25 hours/week of practice?". *Olympic Coach*, 23, 22-31
- 235.Pérez-Olea, J. I., Valenzuela, P. L., Aponte, C., & Izquierdo, M. (2018). "Relationship between dryland strength and swimming performance: pull up mechanics as a predictor of swimming speed." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1637-1642.
- 236.Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jørgensen, E., & Hölmich, P. (2011)." Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster randomized controlled trial." *The American journal of sports medicine*, 39(11), 2296-2303.
- 237.Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2004)." Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 377-382.

238. Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2005). "Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 950-958.
239. Pfeiffer, R. D. & Francis, R. S. (1986). "Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males." *The Physician & sports medicine* 14(9): 134-143.
240. Pichon, F., Chatard, J. C., Martin, A., Cometti, G. (1995). "Electrical stimulation and swimming performance." *Medicine and science in sports and exercise* 27(12): 1671-1676.
241. Pinnington, H. & Blanksby B. (1986). "Coaches' Report."
242. Platanou, T. (2005). "On water and dryland vertical jump in waterpolo players." *Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(1): 26-31.
243. Platanou, T. & Geladas, N. (2006). "The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match play in elite waterpolo players." *Journal of sports sciences* 24(11): 1173-1181.
244. Platanou, T. (2009). "Cardiovascular and metabolic requirements of water polo". *Serbian Journal of Sports Science*, 3(3), 85-97.
245. Ploeg, A. H., Miller, M. G., Holcomb, W. R., O'Donoghue, J., Berry, D., & Dibbet, T. J. (2010). "The effects of high volume aquatic plyometric training on vertical jump, muscle power, and torque." *International Journal of Aquatic Research and Education*, 4(1), 6.
246. Pohl, M. & Mcnaughton, L. (2003). "The physiological responses to running and walking in water at different depths." *Research in Sports Medicine: An International Journal* 11(2): 63-78.
247. Pollock, C. M. & Shadwick, R. E. (1994). "Relationship between body mass and biomechanical properties of limb tendons in adult mammals." *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 266(3): R1016-R1021.
248. Potdevin, F., Bril, B., Sidney, M., & Pelayo, P. (2006). "Stroke frequency and arm coordination in front crawl swimming." *International Journal of Sports Medicine*, 27(03), 193-198.
249. Potteiger, J. A., Lockwood, R. H., Haub, M. D., Dolezal, B. A., Almuzaini, K. S., Schroeder, J. M., & Zebas, C. J. (1999). "Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 275-279.

250. Ramírez-Campillo, R., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2013). "Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2714-2722.
251. Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., Andrade D. C. & Izquierdo, M. (2014). "Effects of in season low volume high intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1335-1342.
252. Ramos-Veliz, R., Requena, B., Suarez-Arrones, L., Newton, R. U., & Saez de Villarreal, E. (2014). "Effects of 18 week in season heavy resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male waterpolo players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 1007-1014.
253. Ramos-Veliz, R., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., Feito, J., & de Villarreal, E. S. (2015). "Effects of in competitive season power-oriented and heavy resistance lower body training on performance of elite female water polo players". *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 458-465.
254. Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). "Validity of simple field tests as indicators of match related physical performance in top level professional soccer players." *International journal of sports medicine*, 28(03), 228-235.
255. Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). "A meta-analysis to determine the dose response for strength development." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35(3):456-464.
256. Rimmer, E. & Sleivert, G. (2000). "Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 14(3): 295-301.
257. Robertson, R. J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dubé, J. J., Rutkowski, J. J., Frazee, K. M., Aaron, D. J., Metz, K.F., Kowallis, R. A. & Snee, B. M. (2005). "Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion." *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(5), 819-826.
258. Robertson, R. J., Goss, F. L., Boer, N. F., Peoples, J. A., Foreman, A. J., Dabayebbeh, I. M., Millich, N. B., Balasekaran, G., Riechman, S. E. & Gallagher, J. D. (2000). "Children's OMNI scale of perceived exertion: mixed gender and race validation." *Medicine and science in sports and exercise*, 32(2), 452-458.
259. Robertson, R. J., Goss, F. L., Dube, J., Rutkowski, J., Dupain, M., Brennan, C., & Andreacci, J. (2004). "Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise." *Medicine and science in sports and exercise*, 36(1), 102.

260. Robinson, L. E., Devor, S. T., Merrick, M. A., & Buckworth, J. (2004). "The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 84-91.
261. Rohrs, D. M., Mayhew, J. L., Arabas, C., & Shelton, M. (1990). "The relationship between seven anaerobic tests and swim performance." *Journal of Swimming Research*, 6(4), 15-19.
262. Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). "The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis." *British journal of sports medicine*, 43(8), 556-568.
263. Romero Rodriguez, D. & Tous-Fajardo, J. (2010). "Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento óptimo." *Madrid: Editorial Panamericana*.
264. Royal, K. A., Farrow, D., Mujika, I., Halson, S. L., Pyne, D., & Abernethy, B. (2006). "The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in waterpolo players." *Journal of sports sciences*, 24(8), 807-815.
265. Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). "Effects of adding a weekly eccentric overload training session on strength and athletic performance in team handball players." *European journal of sport science*, 17(5), 530-538.
266. Sadowski, J., Mastalerz, A., Gromisz, W., & Niżnikowski, T. (2012). "Effectiveness of the power dryland training programmes in youth swimmers." *Journal of human kinetics*, 32, 77-86.
267. Sáez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2008). "Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency". *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 715-725.
268. Sáez de Villarreal, E., Kellis, E., Kraemer, W., & Izquierdo, M. (2009). "Determining Variables of Plyometric Training for Improving Vertical Jump Height Performance: A Meta-Analysis." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 495-506.
269. Sáez de Villarreal, E., Requena, B., & Newton, R. U. (2010). "Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis." *Journal of science and medicine in sport*, 13(5), 513-522.
270. Sáez de Villarreal, E., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ramos-Veliz, R. (2014). "Effects of dryland vs. in water specific strength training on professional male waterpolo players performance." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3179-3187.

- 271.Sáez de Villarreal, E., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ramos-Veliz, R. (2015). "Enhancing performance in professional waterpolo players: dryland training, in water training, and combined training." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 29(4): 1089-1097.
- 272.Sahrom, S. B., Cronin, J. B., & Harris, N. K. (2013). "Understanding stretch shortening cycle ability in youth". *Strength & Conditioning Journal*, 35(3), 77-88.
- 273.Sale, D. G. (1988). "Neural adaptation to resistance training." *Medicine and science in sports and exercise* 20(5 Suppl): S135-145.
- 274.Sands, W. A., McNeal, J. R., & Shultz, B. B. (1999). "Kinetic and temporal patterns of three types of vertical jump among elite international divers". *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 9(2), 107-127.
- 275.Sanders, R. H. (1999). Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. *Journal of Applied Biomechanics*, 15(3), 284-291.
276. Sanders, R. H. (1999). A model of kinematic variables determining height achieved in water polo boosts. *Journal of Applied Biomechanics*, 15(3), 270-283.
- 277.Sardella, F., Alippi, B., Rudic, R., Castellucci, G., & Bonifazi, M. (1990). "Analisi fisiometabolica della partita." *Tecnica Nuoto*, 21(4), 48-55.
- 278.Sawdon-Bea, J., & Benson, J. (2015). "The effects of a 6-week dry land exercise program for high school swimmers". *Journal of Physical Education and Sports Management*, Vol 2, No.(1),pp. 1-17.
- 279.Schmidtbleicher, D. (1987). "Neural adaptation and increase of cross sectional area studying different strength training methods." *Biomechanics XB*.
- 280.Schmidtbleicher, D. (1992). "Training for power events." *Strength and power in sport* 1: 381-395.
- 281.Schoenfeld, B. J. & Grgic, J. (2018). "Eccentric overload training: A viable strategy to enhance muscle hypertrophy?" *Strength and Conditioning Journal* 40(2): 78-81.
- 282.Seifert, L., Chollet, D., & Rouard, A. (2007). "Swimming constraints and arm coordination". *Human movement science*, 26(1), 68-86.
- 283.Seirulo, F. (1995). "Preparación física específica en balonmano. Nuevas perspectivas en el entrenamiento de la fuerza." VV. AA.: Preparación física específica. La Laguna: Dirección General de Deportes-Escuela Canaria del Deporte.

284. Shaffer, J. D. (2007). The effects of a six week land based and aquatic based plyometric training program on power, peak torque, agility, and muscle soreness, *West Virginia University*
285. Sharp, R. L., & Troup, J. P. (1982). "Relationship between power and sprint freestyle swimming." *Medicine and science in sports and exercise* 14(1): 53-56.
286. Shimonagata S, Taguchi M, Miura M. "Effect of swimming power, swimming power endurance and dry-land power on 100 m freestyle performance." In: Chatard JC, editor. *Biomechanics and medicine in swimming IX*. Saint Etienne: University of Saint-Etienne; 2003. p. 391-6.
287. Sidney, M., Paillette, S., Hespel, J., Chollet, D., & Pelayo, P. (2001). "Effect of swim paddles on the intra cyclic velocity variations and on the arm coordination of front crawl stroke". *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
288. Siegler, J., Gaskill, S., & Ruby, B. (2003). "Changes evaluated in soccer specific power endurance either with or without a 10 week, in season, intermittent, high intensity training protocol." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 17(2): 379-387.
289. Singh, F., Foster, C., Tod, D., & McGuigan, M. R. (2007). "Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion." *International journal of sports physiology and performance* 2(1): 34-45.
290. Smith, H. K. (1998). "Applied physiology of waterpolo." *Sports Medicine* 26(5): 317-334.
291. Smoll, F. & Smith, R. E (1996). "Coaches who never lose: A 30 minute primer for coaching effectiveness." *Portola Valley, CA: Warde Publishers*.
292. Spencer, M., Bishop, D., Dawaon B., & Goodman, C. (2005). "Physiological and metabolic responses of repeated sprint activities." *Sports Medicine* 35(12): 1025-1044.
293. Spittler, J., & Keeling, J. (2016). "Water polo injuries and training methods". *Current Sports Medicine Reports*, 15(6), 410-416.
294. Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). "The effect of plyometric training on distance running performance." *European journal of applied physiology* 89(1): 1-7.
295. Stemm, J. D. & Jacobson, B. H. (2007). "Comparison of land and aquatic based plyometric training on vertical jump performance." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 21(2): 568.
296. Stevens, H. B., Brown, L. E., Cburn, J. W., & Spiering, B. A. (2010). "Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate waterpolo players." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 24(5): 1195-1198.

297. Stewart, A. M. & Hopkins, W. G. (2000). "Seasonal training and performance of competitive swimmers." *Journal of sports sciences* 18(11): 873-884.
298. Stojanović, E., Ristic, V., McMaster, D. T., & Milanovic, Z. (2017). "Effect of plyometric training on vertical jump performance in female athletes: a systematic review and meta-analysis." *Sports Medicine* 47(5): 975-986.
299. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisloff, U. (2005). "Physiology of soccer." *Sports Medicine* 35(6): 501-536.
300. Storck, N. (2017). "Upper body strength and endurance and its relationship with freestyle swim performance in elite swimmers." Bachelor's Programme in exercise, Biomedicine, *Halmstad University*.
301. Strass, D. (1988). "Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers." *Swimming science V*: 149-156.
302. Stratton, G., Jones, M., Fox, K. R., Tolfrey, K., Harris, J., Maffulli, n. & Frostick, S. P. (2004). "BASES position statement on guidelines for resistance exercise in young people." *Journal of sports sciences* 22(4): 383-390.
303. Strzala, M. & Tyka, A. (2009). "Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers." *Medicina Sportiva* 13(2): 99-107.
304. Suminski, R. R., Robertson, R. J., Arslanian, S., Kang, J., Utter, A. C., DaSilva, S. G. & Metz, K. F. (1997). "Perception of effort during resistance exercise." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 11(4): 261-265.
305. Tan, F., Polglaze, T., & Dawson, B. (2009). "Activity profiles and physical demands of elite women's waterpolo match play." *Journal of sports sciences* 27(10): 1095-1104.
306. Tan, F. H., Polglaze, T., & Dawson, B. (2010). "Reliability of an in water repeated sprint test for waterpolo." *International journal of sports physiology and performance* 5(1): 117-120.
307. Tanaka, H., Costill, D. L., Thomas, R, Fink, W. J., & Widrick, J. J. (1993). "Dryland resistance training for competitive swimming." *Medicine and science in sports and exercise* 25(8): 952-959.
308. Tanaka, H. & Swensen, T. (1998). "Impact of resistance training on endurance performance." *Sports Medicine* 25(3): 191-200.
309. Terrados, N., Calleja-González, J., & Schelling, X. (2011). "Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo." *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 4(2).

- 310.Tous-Fajardo, J. (1999). "Nuevas tendencias en fuerza y musculación", Barcelona. *J. Tous*.
- 311.Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). "Enhancing change of direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training." *International journal of sports physiology and performance* 11(1): 66-73.
- 312.Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). "The flywheel leg curl machine: offering eccentric overload for hamstring development." *International journal of sports physiology and performance* 1(3): 293-298.
- 313.Toussaint, H. M. & Leopold, W. (2007). "Strength power and technique of swimming performance: Science meets practice." *Schwimmen Lernen und Optimieren*: 43-54.
- 314.Toussaint, H. M. & Vervoorn, K. (1990). "Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers." *International journal of sports medicine* 11(03): 228-233.
- 315.Trappe, S. & Pearson, D. R. (1994). "Effects of weight assisted dryland strength training on swimming performance" *The Journal of Strength and Conditioning Research* 8(4): 209-213.
- 316.Tsekouras, Y. E., Kavouras, S. A., Campagna, A., Kotsis, Y. P., Syntosi, S. S., Papazoglou, K., & Sidossis, L. S. (2005). "The anthropometrical and physiological characteristics of elite waterpolo players." *European journal of applied physiology* 95(1): 35-41.
- 317.Turner, A. M., Owings, M., & Schwane, J. A. (2003). "Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 17(1): 60-67.
- 318.Turner, A. N. & Jeffreys, I. (2010). "The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement." *Strength and Conditioning Journal* 32(4): 87-99.
- 319.Van Den Tillaar, R. (2004). "Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: a brief review." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 18(2): 388-396.
- 320.Van der Wende, K. (2005). The effects of game specific task constraints on the outcome of the waterpolo shot, *Auckly University of Technology*.
- 321.Van Ingen Schenau, G. J., Bobbert, M. F., & de Haan, A. (1997). "Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle?" *Journal of Applied Biomechanics* 13(4): 389-415.

- 322.Vandewalle, H., Péerès, G., & Monod, H. (1987). "Standard anaerobic exercise tests". *Sports medicine*, 4(4), 268-289.
- 323.Vila Suárez, H., Ferragut, C., Argudo, F. M., Abrales, J. A., Rodriguez, N., & Alacid, F. (2009). "Relationship between anthropometric parameters and throwing velocity in waterpolo players." *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(1), 57-68.
- 324.Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Barbosa, T. M. (2011). "Intra cycle velocity variations, swimming economy, performance and training in swimming." *The world book of swimming: from science to performance*. New York, NY: Nova Science Publishers, Hauppauge: 119-134.
- 325.Wadley, G., & Le Rossignol, P. (1998). "The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems". *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1(2), 100-110.
- 326.Wagner, D. R. & Kocak, M. S. (1997). "A multivariate approach to assessing anaerobic power following a plyometric training program." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 11(4): 251-255.
- 327.Watanabe, M. & Takai, S. (2005). "Age related change of the factors affecting swimming performance in junior swimmers." *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 54(5): 353-361.
- 328.Weineck, J. (1994). "Fútbol total. El entrenamiento físico del deportista." *Barcelona: Paidotribo*.
- 329.Weineck, J. (2005). "Entrenamiento total." *Barcelona: Paidotribo* Vol. II. .
- 330.Weltman, A., Janney, C., Rians, C. B., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S. & Katch, F. I. (1986). "The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males." *Medicine and science in sports and exercise* 18(6): 629-638.
- 331.Whiting, W. C., Puffer, J. C., Finerman, G. A., Gregor, R. J., & Maletis, G. B. (1985). "Three dimensional cinematographic analysis of waterpolo throwing in elite performers." *The American journal of sports medicine* 13(2): 95-98.
- 332.Wilke, K., Madsen, O., & Madsen, O. (1986). *Coaching the young swimmer*, Michael Joseph.
- 333.Wilkerson, G. B., Colston, M.A., Short, N. I., Neal, K. L., Hoewischer, P. E., & Piley, J. J. (2004). "Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump training program." *Journal of athletic training* 39(1): 17.
- 334.Wilson, G. J., Murphy, A. J., & Giogi, A. (1996). "Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production." *Canadian Journal of Applied Physiology* 21(4): 301-315.

335. Wilson, J. M. & Flanagan, E. P. (2008). "The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review." *The Journal of Strength and Conditioning Research* 22(5): 1705-1715.
336. Wilt, F. (1978). Plyometrics-What it is and how it works. *Modern athlete and coach*, 16, 9-12.
337. Witzke, K. A. & Snow, C. M. (2000). "Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls." *Medicine and science in sports and exercise* 32(6): 1051-1057.
338. Yapıcı, A., & Öznelbant, M. (2016). "The Relationship between short distance swimming performance and repeated sprint ability in swimmers". *European Journal of Physical Education and Sport Science*. 2,(5):98-108.
339. Yapıcı, A., Ozkol, M. Z., Ozcaldiran, B., & Ergun, M. (2017). "The relationship between throwing velocity with and without leg movements and isoinetic muscle strength in elite waterpolo players." *European Journal of Physical Education and Sport Science*. 3(1):42-51.
340. Young, W. B., Pryor, J. F., & Wilson, G. J. (1995). Effect of Instructions on characteristics of Countermovement and Drop Jump Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4), 232-236.
341. Young, W. B. (2006). "Transfer of strength and power training to sports performance." *International journal of sports physiology and performance* 1(2): 74-83.

ANEXOS

ANEXO1.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

DOCUMENTO REDACTADO SOBRE CONSIDERACIONES ÉTICAS.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO “EFECTOS DE DIFERENTES ESTIMULOS DE ENTRENAMIENTO SOBRE VARIABLES DETERMINANTES EN EL RENDIMIENTO EN JUGADORES DE ELITE JOVENES DE WATERPOLO”

D.
padre, madre o tutor/a de.....
con D.N.I.

DECLARO: Que he sido informado por D..... sobre las posibles consecuencias de la realización de un entrenamiento de fuerza en jugadores de waterpolo dos veces a la semana y los test físicos de potencia de salto, velocidad de nado en 20 m, velocidad de lanzamiento, test de agilidad y fuerza máxima en el tren superior e inferior, así como los riesgos potenciales y molestias que pudieran derivarse, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, siendo respondidas de manera comprensible para mí.

Se me ha informado de mi derecho a rechazar el tratamiento o revocar este consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO que la persona por la que actúo se someta al tratamiento indicado.

Si el caso de la persona por la que actúo puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuyo se garantice el más absoluto respeto, intimidad y anonimato a la persona que tutelo.

Firma del padre, madre o tutor/aFirma del responsable del estudio

En.....a.....de.....de 20...